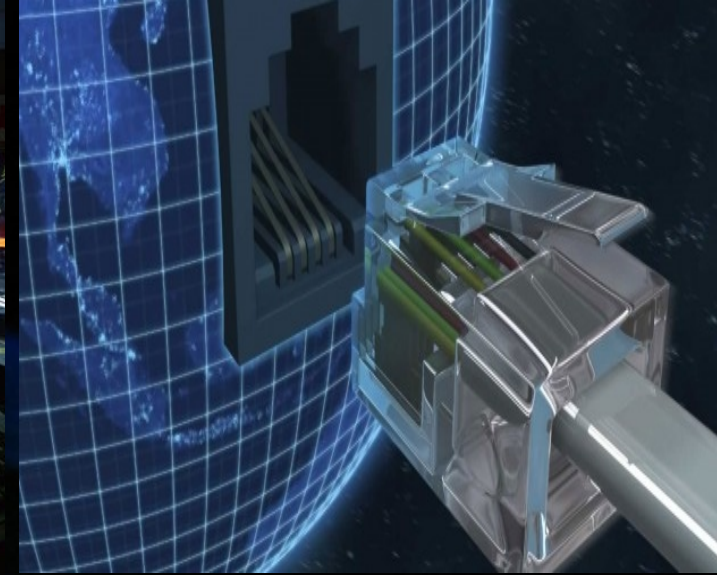


ISBN : 978-602-73246-0-2



PROSIDING

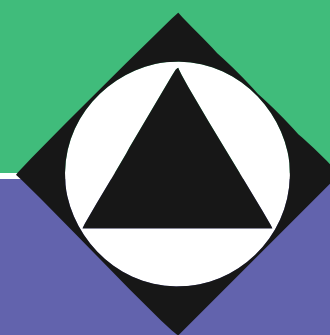
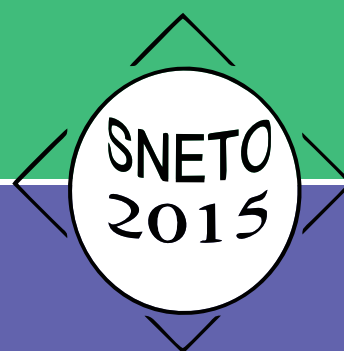
Seminar Nasional

Energi Telekomunikasi dan Otomasi

SNETO 2015

“Meningkatkan Efisiensi Energi melalui Pemanfaatan Teknologi Telekomunikasi dan Sistem Otomasi”

Bandung, 19 November 2015
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL (ITENAS)



**PROSIDING
SEMINAR NASIONAL
ENERGI TELEKOMUNIKASI DAN OTOMASI
(SNETO) 2015**

Tema :

**Meningkatkan Efisiensi Energi melalui Pemanfaatan
Teknologi Telekomunikasi dan Sistem Otomasi**

Kamis, 19 November 2015

**Ruang Multimedia,
Institut Teknologi Nasional (ITENAS) Bandung,
Jalan PKH Hasan Mustafa No. 23 Bandung 40124,
Indonesia**

ISBN : 978-602-73246-0-2

**Jurusan Teknik Elektro,
Fakultas Teknologi Industri,
Institut Teknologi Nasional (ITENAS) Bandung,
Indonesia**

**PROSIDING SEMINAR NASIONAL
ENERGI TELEKOMUNIKASI DAN OTOMASI
(SNETO) 2015**

ISBN : 978-602-73246-0-2

Copyright © 2015 Jurusan Teknik Elektro Itenas Bandung

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang.

All rights reserved.

Dilarang mengutip, memperbanyak dan menerjemahkan sebagian atau seluruhnya isi buku tanpa izin tertulis dari penerbit.

Diterbitkan oleh

Jurusan Teknik Elektro,

Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung,

Jalan PKH Hasan Mustafa No. 23 Bandung 40124 Indonesia.

Telp : (022) 7272251, ext. 132 & ext. 274.

Fax : (022) 7202892.

Email : snetoitenas2015@itenas.ac.id; sneto2015itenas@gmail.com.

Website : www.sneto2015.com

Kerja sama dengan :

Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HME) Itenas

Didukung oleh :

Schneider Electric, Lucky Goldstar (LG), Radio Mara, Radio KLCBS, LIPI, UNIMAS, Penerbit Erlangga.

KATA PENGANTAR

Segala puji serta syukur kita panjatkan ke hadirat Alloh SWT yang mana berkat karunia-Nya acara Seminar Nasional Energi Telekomunikasi dan Otomasi (SNETO) 2015, dengan tema '***Meningkatkan Efisiensi Energi melalui Pemanfaatan Teknologi Telekomunikasi dan Sistem Otomasi***' ini dapat diselenggarakan oleh Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung, bekerja sama dengan Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HME) Itenas, sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan.

Seminar Nasional ini yang pertama kali dilakukan dan direncanakan akan dilakukan dalam waktu dua tahunan (biannual) dan akan diselenggarakan lebih meriah dan matang untuk tahun-tahun berikutnya.

Kegiatan ini dapat terselenggara atas bantuan dari berbagai pihak, oleh sebab itu melalui kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada :

1. Rektor Itenas beserta jajarannya atas segala dukungan dan fasilitas yang diberikan.
2. Dekan FTI Itenas beserta jajarannya atas segala dukungan dan sumbang saran yang diberikan.
3. Para pembicara kunci (keynote speaker), panelis dan pemakalah yang telah berkenan meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya.
4. Para sponsor yang telah mendukung acara kegiatan ini.
5. Para rekan dosen dan mahasiswa, sebagai panitia, yang telah membantu sepenuhnya terselenggarakannya acara ini.

Seminar ini pada awalnya berangkat dari keinginan hanya untuk mensosialisasikan hasil penelitian dan seminar tidak *call for paper*, khususnya di Jurusan Teknik Elektro Itenas. Namun, berdasarkan masukan dari berbagai pihak maka kegiatan ini berkembang menjadi seminar nasional dan bersifat *call for paper*. Harapan kami, semoga makalah yang disajikan dapat memenuhi tujuan seminar ini.

Akhirnya, sebagai penutup kata pengantar ini, kami atas nama seluruh panitia menyadari sepenuhnya bahwa banyak kekurangan dan ketidaksempurnaan pelaksanaan kegiatan ini. Untuk itu, kami mohon maaf yang sebesar-besarnya. Tak lupa kritik dan saran yang bersifat membangun senantiasa kami nantikan.

Selamat berseminar, semoga apa yang kita lakukan dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Amin.

Bandung, 19 November 2015

Nandang Taryana, MT.
Ketua Panitia

SAMBUTAN KETUA JURUSAN TEKNIK ELEKTRO ITENAS BANDUNG

Kepada Yth.

Bapak Rektor Itenas, beserta jajarannya,
Bapak-Bapak Pembicara kunci dan panelis,
Bapak dan Ibu Pemakalah,
Bapak, Ibu dan adik-adik mahasiswa peserta
Seminar Nasional Energi Telekomunikasi dan Otomasi (SNETO) 2015

Assalamu Alaikum Wr. Wb.

Salam sejahtera buat kita semua.

Pertama-tama, marilah kita panjatkan puji syukur ke hadirat Alloh SWT yang mana berkat karunia-Nya kepada kita semua, sehingga kita dapat berjumpa dalam acara Seminar Nasional Energi Telekomunikasi dan Otomasi (SNETO) 2015, dengan tema '**Meningkatkan Efisiensi Energi melalui Pemanfaatan Teknologi Telekomunikasi dan Sistem Otomasi**' di Ruang Multimedia Itenas. Seminar ini diselenggarakan oleh Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung, bekerja sama dengan Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HME) Itenas, dan didukung oleh beberapa pihak sponsor yang telah mendukung acara seminar ini, sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan.

Kami mengucapkan 'Selamat Datang', 'Wilujeung Sumping', 'Welcome', di kampus Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung. Selamat datang juga di kota kembang, Parijs van Java, Bandung.

Pada umumnya, penelitian dan kajian ilmiah para akademisi tersimpan dengan rapi di lingkungan masing-masing. Kadang kita merasa bahwa penelitian, kajian ilmiah yang telah kita lakukan sudah sangat baik, tanpa melihat realitas yang terjadi di lingkungan sekitar. Dengan adanya Seminar Nasional Energi Telekomunikasi dan Otomasi (SNETO) 2015, kami mengharapkan dapat membuka wawasan kita tentang perkembangan yang terjadi dalam bidang teknologi elektro atau yang terkait padanya, pada akhir-akhir ini, sehingga penelitian bidang ini dapat lebih bermanfaat bagi masyarakat banyak.

Seminar nasional ini merupakan kegiatan seminar nasional pertama yang mengundang para akademisi, praktisi, asosiasi dan umum untuk mengirimkan hasil pengalaman penelitian untuk dipresentasikan bersama. Kami sangat berterima kasih kepada panitia SNETO 2015 yang telah bekerja keras untuk memwujudkan acara seminar ini. Seminar Nasional ini direncanakan akan dilakukan dalam waktu dua tahunan (biannual) dan akan diselenggarakan lebih meriah dan matang untuk tahun-tahun berikutnya.

Akhirnya sebagai penutup sambutan ini, kami seluruh warga Jurusan Teknik Elektro Itenas, menyadari sepenuhnya bahwa masih banyak kekurangan dan ketidaksempurnaan pelaksanaan kegiatan ini. Untuk itu, kami mohon maaf sebesar-besarnya. Tak lupa saran dan kritik membangun senantiasa kami nantikan. Selamat berseminar, semoga apa yang kita lakukan dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Amin.

Bandung, 19 November 2015

Dr. Waluyo, MT.

Ketua Jurusan Teknik Elektro Itenas

SUSUNAN PANITIA

SEMINAR NASIONAL

ENERGI TELEKOMUNIKASI DAN OTOMASI

(SNETO) 2015

Pelindung & Penasehat : Rektor Itenas
(Dr. Imam Aschuri, Ir., MT.)

Penanggung Jawab : Ketua Jurusan Teknik Elektro Itenas
(Dr. Waluyo, MT.)

TIM PENGARAH SNETO 2015

1. Prof. Dr. Syamsir Abduh, Ir. MM. (USAKTI, DEN)
2. Dr. Ing. Deny Hamdani (STEI ITB)
3. Dr. Eng. Aryuanto Soetidjo, MT. (TE ITN Malang)
4. Dr. Tutun Juhana, MT. (STEI ITB)
5. Edy Leksono, PhD. (TF ITB)
6. Wawas Swathatafrijiah, PhD. (BPPT)
7. Dr. Ir. Alan Maulana (BATAN)
8. Dr. Eng. Ariadi Hazmi, MT. (TE UNAND)
9. Dr. Eng. Umar Khayam, MT. (STEI ITB)
10. Prof. Dr. Suwarno, MT. (STEI ITB)
11. Dr. Waluyo, MT. (TE ITENAS)
12. Hendi Handian Rachmat, PhD. (TE ITENAS)
13. Dr. Abdul Syakur, MT (TE UNDIP)
14. Dr. Ir. Bogie Soedjatmiko Eko Tjahjono, M.Sc. (PPI LIPI)
15. Nasrullah Amri, PhD. (PPET LIPI)

TIM REVIEWER SNETO 2015

1. Dr. Ing. Deny Hamdani (STEI ITB)
2. Edy Leksono, PhD. (TF ITB)
3. Wawas Swathatafrijiah, PhD. (BPPT)
4. Dr. Ir. Alan Maulana (BATAN)
5. Dr. Eng. Umar Khayam, MT. (STEI ITB)
6. Dr. Waluyo, MT. (ITENAS)

TIM EDITOR SNETO 2015

1. Dr. Waluyo, MT. (TE ITENAS)
2. Dr. Ing. Deny Hamdani (STEI ITB)
3. Nandang Taryana, MT. (TE ITENAS)
4. Deri Rohendi (TE ITENAS)

Ketua Panitia :
Nandang Taryana, MT.

Sekretaris :
Febrian Hadiatna, ST.
Mellynda Riska Dianti

Bendahara :
Pauline Rahmiati, MT.

Seksi Acara :
Lita Lidyawati, MT.
Muhammad Fauzan Pratama

Seksi Perlengkapan :
Nana Subarna, Ir. MT.
Sabat Anwari, MT.
Deri Rohendi.

Seksi Dokumentasi & Administrasi :
Decy Nataliana, Ir., MT.
Dani Setiadi

Seksi Publikasi :
Nandang Taryana, MT.
Syahril, MT.
Dera Miraz Pratama

Seksi Konsumsi :
Lucia Jambola, MT.
Kania Sawitri, MSi.
Pahriansyah Setiana

Jurusan Teknik Elektro,
Fakultas Teknologi Industri,
Institut Teknologi Nasional (ITENAS) Bandung,
Indonesia

DAFTAR ISI

	Susunan Panitia	ii
	Kata Pengantar	v
	Sambutan Ketua Jurusan Teknik Elektro Itenas Bandung	vi
	Daftar Isi	v
A-01	Komposter Otomatis-Elektrik Tenaga Surya untuk Pengolahan Sampah Organik (Andrew Joewono, Lanny Agustine)	1
A-02	Perancangan Sistem Elektrik Tenaga Hybrid untuk Pemfilteran Air Tanah (Andrew Joewono, Rasional Sitepu)	7
A-03	Model Pemilihan Pembangkit Listrik Skala Kecil Isolated yang Optimal untuk Kawasan Rural di Daerah Tropis (P.R Musta'in, S.Sasmono, N.Ismail)	13
A-05	Pengaruh Perubahan Aliran Udara Terhadap Stabilitas Arus Listrik pada Pengolahan Air Gambut Menjadi Air Layak Minum Menggunakan Perpaduan Proses Elektrokoagulasi dan Aerasi (Sutanto, Endang Saepudin)	17
A-06	Studi Kasus Tahanan Isolasi Rendah Pada Generator Tipe Stator Cooling Water (Sujadi, Indra Jaya, Edo Angga Radita, Mukhammat Sukirno)	24
A-07	Disain Band Pass Filter (BPF) Digital dengan Metoda Window untuk Memfilter Sinyal Pinger 37.5 kHz yang Dipancarkan dari Beacon Black Box Locator (Rustamaji, Elan Djaelani)	28
A-09	Analisis Sensor Kapasitif untuk Mendeteksi Kemiringan Kapal Laut (Elan Djaelani, Nina Siti Aminah)	33
A-10	Rancangan Bangun Rotor Turbin Angin Hybrid Savonius Tipe U Empat Tingkat dengan H-Darrieus (Ruzita Sumiati, Hanif)	39
A-11	Design of Fuzzy PID Controller for Buck Converter (Sabat Anwari, Decy Nataliana)	44
A-12	Aplikasi Pengukur Deteksi Suara Jantung (Hindarto, Izza Anshory, Ade Efiyanti)	48
A-13	Penguat Dua Arah Pada Frekuensi 2,3 GHz untuk <i>Smart Antenna</i> (Atik Charisma, Joko Suryana)	52

B-01	Menaikkan Efisiensi Proses Produksi Lampu Pijar dengan Penerapan <i>Lean Six Sigma Concept</i> (H Harisupriyanto)	58
B-02	Pemanfaatan Syn Gas dari <i>Circulating Fluidized Bed Gasifier</i> untuk Mereduksi Konsumsi BBM pada Genset 5 kVA (Sugiyatno, M. Affendi, Imam Djunaedi, Haifa Wahyu)	63
B-04	Pembangunan Sistem Diagnosis dan Rekomendasi Jaringan Komputer Berbasis <i>Quality Of Service</i> (Winarno Sugeng, Wicky Aji Prabowo)	68
B-05	Penerapan Metode <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP) pada Pengembangan Sistem Pengambilan Keputusan Penilaian Kinerja Lembaga / Unit, Studi Kasus: PT PLN Distribusi Jawa Barat dan Banten (Riza Agustiansyah, Desie Asriliani)	75
B-06	Penerapan Metode <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP) pada Pengembangan Sistem Pengambilan Keputusan Penilaian <i>Behaviour</i> Karyawan, Studi Kasus: PT TELKOM Wilayah Purwokerto (Riza Agustiansyah, Retno Widowati.)	82
B-07	Penerapan Metode Walking Weight-Promethee pada Pengembangan Sistem Pengambilan Keputusan Rekrutmen Karyawan, Studi Kasus: PT Walden Global Services Jawa Barat (Riza Agustiansyah, Putri Rezki Permatasari)	88
B-08	Kajian Perancangan Perangkat Lunak Berorientasi Obyek Pada Kasus Sistem Informasi Manajemen (Danang Widjajanto, Latif Mawardi)	95
B-10	Karakteristik Pembakaran Briket Ampas Tebu Sebagai Sumber Energi Alternatif dengan Perekat Ligninnya Sendiri dan Berbeda Dimensinya (Digdo Listyadi S., Nasrul Ilminnafik, Novi Arifiansyah)	102
B-11	Implikasi Flipped Classroom Learning Model terhadap Kemandirian Belajar Mahasiswa (Susila Sumartiningsih, Yakobus Siswadi)	108
B-12	Model Naive Bayes untuk Penentuan Kelulusan Sertifikasi Benih Kentang (Usep Tatang Suryadi)	111
B-13	Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Penerima Alat Bantu Penyandang Cacat Fisik Menggunakan Metoda Promethee, (Studi Kasus: Dinsosnakertrans Kota Cirebon) (Tri Ginanjar Laksana, Pipit Hedyanti)	117
B-16	Sistem Penentu Kualitas Benih Kentang Produksi Menggunakan Algoritma C4.5 (Usep Tatang Suryadi)	127

Komposter Otomatis-Elektrik Tenaga Surya untuk Pengolahan Sampah Organik

Andrew Joewono

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik,
Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya
Jl. Kalijudan no.37 Surabaya, 60114
Email: Andrew_sby@yahoo.com

Lanny Agustine

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik,
Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya
Jl. Kalijudan no.37 Surabaya, 60114

Abstrak - Sampah merupakan sisa hasil pengolahan, secara umum sampah banyak menimbulkan kerugian-kerugian, seperti polusi bau, gangguan kesehatan, dan menimbulkan kerugian ekonomi untuk pengakutan (penimbunan sampah) ke tempat pembuangan akhir, namun dari sisi kerugian tersebut dapat ditimbulkan sisi keuntungan dengan melakukan pengolahan sampah tersebut untuk dapat difungsikan positif.

Pengolahan sampah organik dapat menghasilkan kompos (pupuk) untuk tanaman, yang dapat bernilai ekonomi. Pengolahan sampah organik untuk dijadikan kompos (secara cepat) memerlukan komposter (alat pembuat kompos beserta bahan pendukung). Komposter akan mengubah sampah organik dengan mikroba, supaya mikroba dapat bekerja menguraikan sampah dengan baik, maka diperlukan proses mengaduk sampah-sampah yang sudah diurai mikroba, setiap beberapa waktu.

Realisasi perancangan alat menggunakan, Komposter elektrik otomatis (akan melakukan proses komposter secara otomatis, masukan bahan akan diolah dengan pengadukan secara otomatis setiap harinya, hasilnya kompos (padat dan cair)), Tenaga Surya dari Solar panel 100 wp, baterai 100 Ah, smart inverter 850 watt, yang akan menggerakkan komposter elektrik dengan daya 330 watt.

Oleh karena itu dibuat suatu alat pengolah sampah tersebut, secara elektrik-otomatis dengan sumber energi surya, sehingga proses pengolahan ini dapat dilakukan secara otomatis dengan sumber energi dari alam juga (energi terbarukan).

Kondisi lokasi yang akan digunakan di daerah Mojoarum, kelurahan Mojo, kecamatan Gubeng, Surabaya, dekat tempat pembuangan sementara (TPS).

Kata kunci - komposter, sampah, kompos

I. PENDAHULUAN

Sampah hasil pembuangan keperluan rumah tangga dan pasar, banyak terdapat di daerah Mojoarum yang merupakan daerah perumahan dan terdapat pasar tradisional yang untuk memenuhi kebutuhan makanan sehari-hari masyarakat disekitarnya. Sampah-sampah yang terdapat disana dikumpulkan di tempat pembuangan sementara (TPS) yang lokasinya bersebelahan dengan pasar tradisional. Sampah-sampah tersebut terdiri atas sampah organik dan sampah anorganik, sesuai dengan pengamatan peneliti, sampah-sampah anorganik

dikelompok oleh pemulung yang akhirnya akan dijual ke pengepul-pengepul barang sampah tadi, seperti, kantong plastik, plastik ember, botol air minum, kaleng, besi, aluminium, masing-masing akan dikelompokkan tersendiri. Sedangkan sampah-sampah organik atau sampah-sampah yang tidak dapat dijual oleh pemulung dibiarkan saja dan akan di angkut oleh truk untuk dikumpulkan di tempat pembuangan akhir (TPA) Surabaya di daerah Benowo.

Pengambilan sampah-sampah dari masing-masing rumah tangga di daerah Mojoarum, dilakukan oleh petugas kebersihan yang secara khusus di pekerjakan karyawan oleh rukun tetangga, dan rukun warga di Mojoarum, dengan waktu pengambilan satu hari dua kali pengambilan, untuk kemudian dikumpulkan di TPS tersebut.

Pengolahan sampah organik, secara khusus belum dilakukan di daerah tersebut, walaupun mempunyai suatu peluang untuk dapat dilakukan, seperti pengolahan sampah organik yang dapat dilakukan untuk menghasilkan pupuk (kompos dan cair), yang dapat dipergunakan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat di sekitarnya.

Menjadi suatu usaha untuk melakukan pemrosesan sampah organik menjadi pupuk tersebut, dengan menggunakan komposter yang dibuat secara otomatis-Elektrik dengan menggunakan tenaga surya. Penelitian pendahuluan yang telah berhasil dibuat membuat rancangan "Sumber Energi Listrik dengan Sistem Hybrid (Solar Panel dan Jaringan Listrik PLN) (Angelina, Andrew, 2011) [3]. Hasil uji coba dapat digunakan sumber-sumber energi terbarukan untuk menghasilkan sumber energi yang dapat menggerakkan peralatan elektronik, dalam penelitian ini akan difungsikan untuk membuat sistem otomatis-elektrik dalam proses pembuatan kompos dengan komposter dalam prosesnya.

Secara prinsip pengguna energi terbarukan, energi surya diperlukan untuk pengembangan dan efisien sumber energi, energi surya akan dikonversikan menjadi energi listrik oleh panel photovoltaic, energi yang dihasilkan senantiasa berubah-ubah sesuai dengan intensitas cahaya matahari, maka perlu dilakukan pengaturan tegangan oleh pengatur tegangan. Disamping itu energi yang dihasilkan

akan disimpan pada baterai, disamping baterai sebagai penyimpan energi, baterai juga berfungsi sebagai cadangan energi yang akan ditransferkan melalui pengubah tegangan direct current (DC) menjadi alternate current (AC), energi yang dihasilkan akan menggerakkan peralatan elektronik yang akan bergerak secara otomatis secara berkala didalam proses komposter.

Berdasarkan data dari Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) yang terdapat pada Tabel 1, rata-rata radiasi matahari per hari mencapai 4.8 kWh/m² yang bisa dikonversi menjadi energi panas dan listrik dengan teknologi *solar thermal* dan *photovoltaic* (sel surya). Kecepatan angin rata-rata di beberapa daerah pesisir pantai mencapai 3-6 m/detik yang cocok untuk mengembangkan energi angin 10–100 kW.

TABEL 1. POTENSI ENERGI TERBARUKAN DI INDONESIA [1]

Sumber Energi Terbarukan	Potensi
Radiasi Matahari	4.8 kWh/m ² /hari
Kecepatan angin rata-rata	3-6m/det
Tenaga air kecil (Micro Hydro Power)	450MW
Panas Bumi (Geothermal)	27GW
Biomassa	50GW

Berdasarkan survei awal, analisis situasi dan adanya potensi energi terbarukan yang tersedia di daerah Mojoarum, maka akan dirancang dan dibangun suatu alat komposter otomatis-elektrik memanfaatkan tenaga surya untuk mengolah sampah-sampah organik untuk dijadikan pupuk untuk lingkup hemat energi dan mudah pemeliharannya.

Permasalahan Mitra

Banyaknya sampah yang setiap hari terbuang tanpa pengolahan, pemanfaatan kembali, sehingga banyak menumpuk di TPA, yang berakibat mengganggu kesehatan, dan kurangnya pemanfaatan sampah untuk dapat bernilai ekonomi yang dapat meningkatkan para pekerja kebersihan sampah rumah tangga di daerah Mojoarum (keinginan para pekerja untuk dapat berwirausaha).

Bahan Baku untuk pengolahan yang dibuang percuma, sehingga mudah didapat tanpa mengeluarkan dana untuk mendapatkan, sehingga menimbulkan ide dari para pekerja tersebut untuk memberikan wacana kepada peneliti untuk mencoba membuat alat pengolahan sampah organik, dengan alat komposter yang akan menghasilkan pupuk (cair dan kompos) yang mempunyai nilai ekonomi untuk meningkatkan kesejahteraan keluarganya

Pertimbangan waktu pengerjaan pengolahan sampah yang bersinggungan dengan kesibukan tugas setiap

harinya, maka dirancang suatu alat pengolahan sampah tersebut secara otomatis dan tidak mengeluarkan dana untuk operasionalnya. Pengolahan sampah untuk menjadi pupuk ini membutuhkan waktu kurang lebih 5 hari, setelah dimulainya proses, memasukkan pada alat komposter, menambahkan mikro pengurai, dan membalik-baliknnya materialnya secara berkala, 5 kali dalam setiap harinya. Mempertimbangkan kesempatan dan peluang untuk dapat direalisasikan, maka dirancang suatu alat tersebut yang akan bekerja secara otomatis-elektrik dengan sumber energi dari tenaga surya.

Sumber energi dari tenaga surya ini, yang menjadikan suatu peralatan ini mempunyai nilai efisien pengolahan, karena tenaga surya ini didapat tanpa mengeluarkan dana operasionalnya. Menjadi suatu rujukan dari pemerintah untuk mencari sumber-sumber energi terbarukan yang dapat dilakukan untuk sumber-sumber energi alternatif.

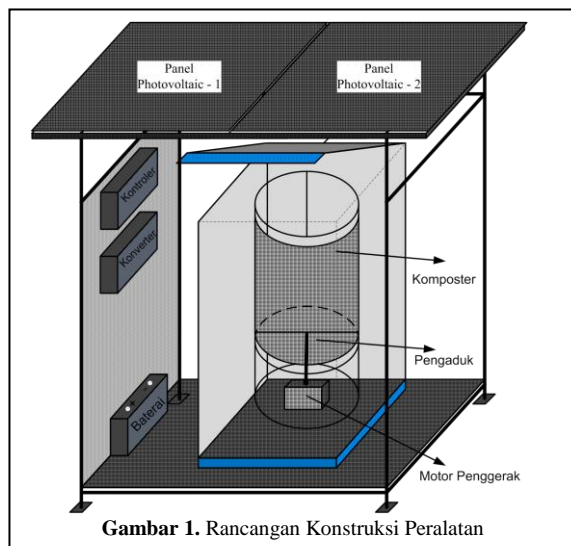
Oleh sebab itu memperhatikan hasil survei dan wawancara dengan mitra untuk kesediaannya dalam melakukan pengolahan sampah tersebut, dan melihat suatu potensi energi yang ada di daerah Mojoarum dan ketersediaan bahan baku untuk diolah, maka dirancang peralatan ini, dengan tujuan terjadi pendapatan baru dari hasil proses alat ini dan mengurangi terjadi penumpukan sampah-sampah organik yang dibuang di tempat pembuangan akhirnya.

Desain peralatan ini, mempunyai suatu tempat untuk komposter, yaitu tempat yang kondusif untuk mikroba-mikroba pengubah kompos yang memerlukan oksigen (udara bebas), tertutup (tidak terkena air / embun), dan dapat membalik-balikkan material yang di komposkan. Rangkaian otomatis-elektriknya akan mengatur suatu pola mekanik yang akan menggerakkan tempat komposternya untuk dapat membalik-balikkan materialnya, dengan sumber energi yang didalam dari cahaya matahari, dengan menggunakan photovoltaic sebagai alat penangkap cahaya matahari untuk dapat dikonversikan menjadi energi listrik, energi listrik yang dihasilkan akan diatur dan disimpan ke dalam baterai, energi dari baterai tersebut akan di konversikan kembali menjadi energi yang dapat menggerakkan komponen elektronik untuk dapat melakukan pengadukan (membalik-balik) material sampah tersebut, dengan menggunakan motor listrik, yang akan bekerja secara otomatis berkala, kurang lebih 5 kali dalam sehari.

II. PERANCANGAN PERALATAN

Rancangan alat komposter otomatis-elektrik tenaga surya untuk pengolahan sampah organik, digambarkan pada gambar 1. yang mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

1. Dimensi Alat : panjang = 800 mm ; lebar = 800 mm ; tinggi = 1200 mm
2. Kapasitas Alat = 10 kg sampah organik,
3. Proses pengolahan sampah organik sampai menjadi pupuk cair / kompos menggunakan energi surya selama kurang lebih 5 - 7 hari
4. Rangka dengan konstruksi besi siku, p = 40 mm, l = 40 mm
5. Dinding luar dan dalam fiber, diberi lapisan cat.
6. Atap alat ditempatkan panel photovoltaic 100 wp 1 buah
7. Pengendali tegangan dan konversi, 850 watt
8. Aki penyimpan energi 100 Ah, tegangan 12 volt
9. Penggerak komposter menggunakan motor 330 watt, 220 volt
10. Periode pengadukan 5 kali dalam sehari, masing waktu kurang lebih 10 menit
11. Lama operasi tidak tergantung waktu (24 jam)
12. Kondisi hasil pengolahan sampah dari bahan baku 80 kg sampah organik basah, menghasilkan pupuk kompos 40 kg, dan pupuk cair 2 liter



Gambar 1. Rancangan Konstruksi Peralatan

Peralatan ini digerakkan dengan energi dari sinar matahari yang diterima oleh panel photovoltaic, yang akan mengkonversikan menjadi energi listrik DC dan diatur oleh kontroler untuk dapat disimpan didalam aki.

Peralatan komposter yang terdiri atas wadah pengkomposan dan motor pengaduk akan diberi energi dari aki yang dikonversikan dengan inverter untuk menjadi energi AC yang akan menggerakkan motor pengaduknya

Langkah-langkah perancangan sistem energi teknologi PV adalah sebagai berikut:

1. Mencari total beban pemakaian per hari. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Beban pemakaian (Wh)} = \text{Daya} \times \text{Lama pemakaian} \dots\dots\dots(1)$$

Daya mesin pengaduk 330 watt, direncanakan dipakai selama 10 menit x 5 waktu

$$\text{Maka beban pemakaian } 330 \times (50 / 60 \text{ menit}) = 274 \text{ watt, aman untuk 2 hari, maka } 548 \text{ watt}$$

2. Menentukan ukuran kapasitas modul surya yang sesuai dengan beban pemakaian. Rumus yang digunakan adalah:

$$\text{Kapasitas modul surya} = \frac{\text{Total beban pemakaian harian}}{\text{Insolasi surya harian} \dots\dots\dots(2)}$$

Total beban pemakaian harian 548 watt, insolasi surya 5 (lama waktu efektif menerima cahaya)

$$\text{Maka Kapasitas modul surya } 109,6 \text{ watt peak, atau 1 lembar solar panel 100 wp}$$

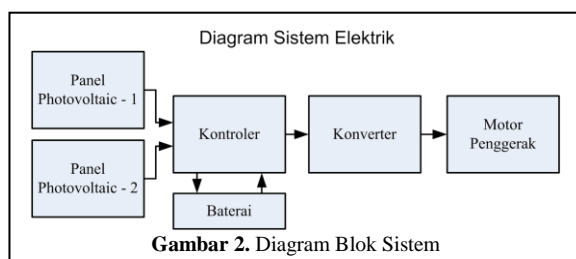
3. Menentukan kapasitas baterai/aki. Rumus yang digunakan adalah:

$$\text{Kapasitas baterai (Ah)} = \frac{\text{Total kebutuhan energi harian}}{\text{Tegangan sistem} \dots\dots\dots(3)}$$

Total kebutuhan energi harian 548 watt, tegangan sistem 12 volt (untuk pemakaian 50%)

$$\text{Maka Kapasitas baterai } 548 \times 2 = 1096 / 12\text{v} / 100\text{Ah} = 0,91 \text{ buah (dibulatkan 1 buah)}$$

Diagram blok sistem yang akan dibuat seperti pada gambar 2. berikut ini :



Gambar 2. Diagram Blok Sistem



Gambar 3. Tampak Depan Alat yang dibuat



Gambar 4. Tampak Belakang Alat yang dibuat



Gambar 5. Tampak Dalam Alat yang dibuat

Metode pelaksanaan dalam kegiatan ipteks bagi masyarakat ini terbagi dua kegiatan yaitu :

1. Tahap proses pembuatan alat komposter otomatis-elektrik tenaga surya untuk pengolahan sampah organik, pelaksanaannya meliputi kegiatan sebagai berikut :
 - a. Pekerjaan desain konstruksi alat komposter otomatis-elektrik tenaga surya diawali dengan pembuatan gambar teknik, meliputi rancangan mekanik dan rancangan elektriknya.
 - b. Penentuan bahan-bahan teknik dan elektrik pendukung alat tersebut.
 - c. Pengerjaan dan supervisi di bengkel serta perakitan peralatan komposter tersebut dan sistem *electric wiring* nya.
 - d. Pengujian peralatan sesuai dengan rancangan dan parameter hasil tersebut.
2. Tahap penyuluhan cara pengolahan sampah organik dengan menggunakan peralatan yang bersumberkan tenaga surya
 - a. Pembuatan modul bagi peserta penyuluhan yang berkaitan dengan budaya bersih dan sehat, dalam penanganan sampah organik di lingkungan sekitar perumahan.
 - b. Pembuatan modul cara pengoperasian alat tersebut serta pemeliharaannya

- c. Demo alat di kampung Mojoarum yang melibatkan Ketua Rukun Warga, serta masyarakat dan pekerja kebersihan lingkungan.

Pada kegiatan pengabdian masyarakat ini, target yang dicapai antara lain adalah :

1. Adanya perubahan sistem pengolahan sampah organik rumah tangga yang selama ini hanya dibuang ke TPA tanpa pengolahan, kegiatan ini melakukan pengolahan di TPS (untuk mengurangi beban TPA), hasil produksi yang bisa dimanfaatkan kembali dan meningkatkan kesejahteraan pekerjanya (bernilai ekonomis)
2. Peningkatan efektifitas penggunaan energi surya dalam proses pengolahan sampah organik.
3. Terciptanya sumber pendapatan baru dari pengolahan sampah untuk pekerja kebersihannya
4. Menciptakan budaya memilah sampah dan mengolah sampah organik (Reuse-Recycled)

Adapun luaran yang diharapkan dalam kegiatan pengabdian masyarakat ini adalah adanya nilai tambah dari sisi iptek yaitu :

1. Alat Komposter otomatis-elektrik ini dapat memanfaatkan energi alternatif berupa energi surya yang tidak memerlukan tambahan biaya operasi.
2. Pemeliharaan sederhana dan pengoperasian alat yang mudah.
3. Proses pengolahan sampah yang mudah dan tidak memerlukan waktu yang banyak, dengan hasil produksi yang bernilai ekonomis (dapat dijual)

IV. PENGUJIAN PERALATAN DAN ANALISA

Tatacara membuat kompos dari bahan sampah dengan menggunakan komposter elektrik :

1. Siapkan bahan berupa sampah organik (sisa makanan, material berasal dari tumbuhan dan hewan) untuk sekali proses dalam Komposter Elektrik sesuai kapasitas alat yakni 50 liter atau setara 10 kg, kemudian Penggembur (bulking agent) Green Phoskko 3 % dari bahan sampah (300 gram) serta aktivator EM-4 sebanyak 1 permil (1 sendok makan)
2. Larutkan bahan Aktivator kedalam air mineral atau air sumur (sedapat mungkin hindarkan air ledeng yang mengandung kaporit dan kimia pembersih) sekitar 5 liter, aduk beberapa kali dan simpan dalam pot siram 4 jam sebelum digunakan untuk pertamakalinya,
3. Masukkan sampah yang berukuran sekitar 15 mm, sebagaimana ukuran umumnya sampah makanan

(foodwaste) dan sampah dapur. Bagi sampah ukuran besar- seperti sampah pasar pada umumnya - agar terlebih dahulu mendapat perajangan sebelum dimasukan kedalam komposter,

4. Masukkan penggembur (bulking agent) kompos sebanyak 3 % dari berat sampah atau setara dengan 300 gram. Penggembur ini berguna untuk menyerap bakteri merugikan (patogen) penyebab bau busuk- yang umum terdapat dalam sampah organik yang telah tersimpan tanpa oksigen atau sampah bukan segar,
5. Cipratkan mikroba aktivator kompos yang merupakan hasil pelarutan serbuk mikroba (mikroba dalam keadaan tersimpan dalam serbuk tertentu) kedalam air mineral atau air sumur.
6. Putar saklar timer untuk menghidupkan sistem pengadukan komposter selama 10 menit - yang sebelumnya telah terhubung ke sumber listrik 330 watt, dan komposter akan mati (off) dalam menit ke 10. Hidupkan saklar timer ini 5 kali sehari sampai kompos dipanen pada hari ke 5 dari sampah terakhir yang dimasukan, Pada hari ke 3, jika proses pembuatan kompos secara aerob berjalan baik, akan terjadi reaksi panas dan mengeluarkan uap,
7. Pada hari ke 5 sejak pemasukan adonan kompos terakhir, adonan telah selesai fermentasi dengan tanda mulai mendingin dan berwarna hitam. Pada saat ini siapkan jerigen plastik - penampung kapasitas 5 liter - dan masukan slang pembuangan kedalam jerigen serta kemudian hidupkan tombol membilas (spinning) di alat. Komposter akan memeras adonan bahan kompos tadi sehingga terpisahkan antara air lindi aerob (leacheate) dengan kompos padat. Tambahkan air sebanyak 10 x dari jumlah cairan leacheate ini, maka kompos cair siap digunakan sebagai pupuk organik cair (POC). Gunakan dalam keperluan pemupukan tanaman, baik dengan cara disiramkan ke sekitar perakaran tanaman maupun disemprotkan dengan menggunakan sprayer ke area daun dan batang,
8. Setelah diperkirakan cairannya habis, keluarkan adonan kompos padat, simpan dan angin-anginkan di tempat teduh dan bebas dari sinar matahari langsung serta air hujan,
9. Pada keesokan harinya, satu hari sejak dikeluarkan dari komposter, adonan akan kering, hitam dan gembur. Dengan dipukul-pukul sejenak, adonan kering tersebut akan pudar dan remah. Adonan kering dan remah itulah kompos, yang kalau diayak (screen) akan terpisahkan bagian kompos dengan butiran halus dan dilain pihak terdapat kompos butiran besar. Sesuai keperluan dalam penggunaannya sebagai kompos bagi tanaman, kompos ukuran besar masih bisa dikembalikan kedalam komposter untuk diolah lagi

- bersamaan dengan bahan atau adonan kompos yang baru,
10. Selama masa penggunaan komposter elektrik, bahan sampah hari ke 2 dan seterusnya dapat ditambahkan tanpa akan mengganggu proses aerob composting yang berlangsung sebelumnya.

Hasil dari proses komposter, seperti pada gambar 3. berikut ini :



Gambar 6. Hasil Proses Komposter

REFERENSI

1. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, <http://www.esdm.go.id/> diakses tanggal 21 Maret 2013.
2. Erkata Yandri, 2009, "*Perlunya Efisiensi Energi dan Eksplorasi Energi Terbarukan*", INOVASI Vol14/XXI/Juli 2009.
3. Angelina Evelyn T, Andrew Joewono, "Sumber Energi Listrik dengan Sistem Hybrid (Solar Panel dan Jaringan Listrik PLN)", Jurnal Widya Teknik, Volume 10, No.1, April 2011
4. Sigit A. Nugroho, 2013, "Kota Surabaya: Jumlah Penduduk Bertambah, Sampah yang Masuk TPA Malah Berkurang", <http://swa.co.id/business-strategy/kota-surabaya-jumlah-penduduk-bertambah-sampah-yang-masuk-tpa-malah-berkurang>, diakses tanggal 15 April 2014
5. Perpustakaan Kementrian Pekerjaan Umum, 2014, "Mudahnya Membuat Kompos", <http://pustaka.pu.go.id/new/artikel-detail.asp?id=330>, diakses tanggal 15 April 2014
6. R.D.M. Simanungkalit dkk, 2009, "Teknik Pembuatan Kompos", <http://balittanah.litbang.deptan.go.id/>, diakses tanggal 15 April 2014

V. KESIMPULAN

Dari tahapan perancangan, pengujian dan analisa hasil percobaan :

1. Alat ini dapat menghasilkan kompos dari sampah organik dengan tahapan seperti pada proses pembuatan seperti telah di jelaskan diatas.
2. Alat ini dapat membuat kompos dari sampah organik dengan energi surya yang menggerakkan mekanisme alat komposternya
3. Alat ini membantu proses pengolahan sampah organik di tempat pembuangan sampah sementara di kampung Mojoarum kelurahan Mojo kecamatan Gubeng, Surabaya.

Perancangan Sistem Elektrik Tenaga Hybrid untuk Pemfilteran Air Tanah

Andrew Joewono
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik,
Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya
Jl. Kalijudan no.37 Surabaya, 60114,
Email: Andrew_sby@yahoo.com

Rasional Sitepu
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik,
Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya
Jl. Kalijudan no.37 Surabaya, 60114,

Abstrak - Energi listrik merupakan suatu bentuk energi yang sangat dibutuhkan, namun ketersediaannya masih terbatas. Matahari (sinar matahari) adalah salah satu energi terbarukan, dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan energi listrik. Berlimpahnya sinar matahari yang ada di Indonesia merupakan suatu peluang yang dapat dikembangkan untuk menghasilkan energi listrik. Dalam makalah ini diuraikan hasil rancangan sistem pembangkit energi listrik jenis hybrid. Sistem hybrid ini merupakan gabungan antara penggunaan sumber listrik dari PLN dan sumber listrik dari hasil konversi energi sinar matahari dengan panel surya. Aplikasi dari energi listrik hasil system hybrid ini adalah untuk memfilter air tanah. Filterisasi air tanah sangat diperlukan mengingat dewasa ini air tanah banyak mengalami pencemaran limbah. Sistem hybrid yang dirancang menggunakan peripheral Solar panel 200 WP, Baterai 200 Ah /12 V, Smart inverter hybrid 1400 watt, pompa sumur 3 inchi 1 phase 370 watt. Pada tahap pertama yaitu rancang bangun, system hybrid sudah berfungsi dan mampu menyedot air tanah. Saat ini sistem tersebut sedang diujicoba kemampuannya secara empiris untuk mengetahui nilai efisien pemakaian energi listrik menggunakan solar panel dan listrik PLN. Selain itu juga untuk mengetahui besarnya debit air yang dapat diperoleh.

Kata Kunci : sistem hybrid, tenaga listrik

I. PENDAHULUAN

Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral menyatakan bahwa konsumsi energi nasional pada tahun 2009 sebesar 948,112 ribu setara barel minyak (SBM), naik sebesar 21,87% dibandingkan konsumsi energi nasional pada tahun 2000 yang berjumlah 777,925 ribu SBM (Lemigas, 2012). Tingginya kebutuhan akan energi listrik dewasa ini menyebabkan pembangkitan listrik masih banyak menggunakan

bahan-bahan energi yang tidak terbarukan, misalnya minyak, batu bara dan gas bumi meskipun energi primer itu tidak ramah lingkungan.

Untuk mengurangi pemanfaatan bahan-bahan sumber energi tidak terbarukan perlu dikembangkan pemanfaatan sumber energi terbarukan meskipun skala kecil dan untuk aplikasi tertentu. Kini telah banyak dikembangkan sistem pembangkit listrik hybrid (gabungan antara sumber energi tidak terbarukan dan sumber energi terbarukan). Dalam makalah ini akan dipaparkan suatu hasil rancang bangun tentang pembangkit listrik sistem hybrid yang outputnya diaplikasikan untuk pemfilteran air tanah. Pemfilteran air tanah dipilih karena mengingat air tanah yang ada sudah banyak tercemar limbah seperti pemberitaan yang banyak dibaca di media masa (Menlh/media, 2009). Rancangan yang dikembangkan adalah mengoptimalkan pengkonversian energi dari solar panel dan cara pengisian baterai, yang dikombinasikan dengan energi listrik dari sumber energi jaringan listrik PLN.

Rancangan ini dibuat untuk mengurangi pemakaian energi listrik untuk keperluan pemfilteran air tanah yang selama ini berasal dari PLN. Dengan adanya sistem ini maka biaya energi listrik dari PLN berkurang sebab sudah digantikan oleh sumber energi terbarukan yang bebas biaya karena memanfaatkan tenaga matahari.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Sesuai program pemerintah Indonesia, pemakaian energi terbarukan (*renewable energy*) dalam komposisi pembangkit listrik PLN ditargetkan mencapai 10% pada tahun 2010 dan 25 % pada tahun 2025. Untuk itu seluruh unit PLN yang tersebar di berbagai daerah untuk segera melaksanakan program pemanfaatan energi terbarukan. 'Kita akan terus mendorong unit-unit PLN di berbagai daerah untuk memanfaatkan sumber-sumber energi terbarukan dalam memenuhi permintaan listrik. Targetnya 10 persen tahun 2010. Itu diluar PLTA,' ujar Direktur Pembangkitan dan Energi Primer

PLN Ali Herman Ibrahim, Sabtu (8/12) saat mengunjungi lokasi PLT Bayu di Puncak Mundi, Nusa Penida, Bali.

Energi terbarukan, dapat menggunakan baik itu panas bumi, mikro hidro, angin, matahari, biofuel maupun sampah organik. Sumber-sumber energi terbarukan itu saat ini tersebar diberbagai daerah. 'Selain lebih ramah lingkungan, pemanfaatan energi terbarukan juga agar PLN tidak semakin terbebani kenaikan harga minyak,' papar Ali Herman Ibrahim.

Saat ini, sebagian pembangkit listrik PLN masih memanfaatkan bahan bakar fosil. Bahkan, pada berbagai unit pelayanan di daerah sebagian besar saat ini masih mengoperasikan PLTD. Menurut Ali Herman Ibrahim, jumlah PLTD yang dioperasikan oleh PLN diseluruh Indonesia lebih dari sekitar 4700 unit.

Dengan pemanfaatan energi terbarukan ini PLN berusaha agar tidak menambah lagi PLTD baru,' ujar Ali Herman Ibrahim, dan sebagai gantinya PLN akan mendorong terus pembangkit listrik energi terbarukan. (DESDM, 2007).

Sudah bukan rahasia lagi, energi surya merupakan energi yang potensial dikembangkan di Indonesia, mengingat Indonesia merupakan negara yang terletak di daerah khatulistiwa. Energi surya yang dapat dibangkitkan untuk seluruh daratan Indonesia yang mempunyai luas 2 juta km² adalah sebesar 5,10 mW atau 4,8 kWh/m²/hari atau setara dengan 112.000 GWp (ESDM, 2014).

Hasna, (2012), mengatakan Energi surya berupa radiasi elektromagnetik yang dipancarkan ke bumi berupa cahaya matahari yang terdiri atas foton atau partikel energi surya yang dikonversikan menjadi energi listrik. Energi surya yang sampai pada permukaan bumi disebut sebagai radiasi surya global yang diukur dengan kepadatan daya pada permukaan daerah penerima. Rata-rata nilai dari radiasi surya atmosfer bumi adalah 1.353 W/m yang dinyatakan sebagai konstanta surya. Intensitas radiasi surya dipengaruhi oleh waktu siklus perputaran bumi, kondisi cuaca meliputi kualitas dan kuantitas awan, pergantian musim dan posisi garis lintang. Intensitas radiasi sinar matahari di Indonesia berlangsung 4 - 5 jam per hari. Produksi energi surya pada suatu daerah dapat dihitung sebagai berikut:

$$E = I \times A \dots\dots\dots(1)$$

dimana,

E = Energi surya yang dihasilkan (W)

I = Isolasi/Intensitas radiasi surya rata-rata yang diterima selama satu jam (W/m)

A = Luas area (m²)

Energi surya yang dikonversikan menjadi energi listrik disebut juga dengan energi *photovoltaic*.

Cahaya matahari dapat diubah menjadi energi listrik melalui modul surya yang terbuat dari bahan semikonduktor. Bahan semikonduktor, merupakan bahan semi logam yang memiliki partikel yang disebut elektron-proton, yang apabila digerakkan oleh energi dari luar akan membuat pelepasan elektron sehingga menimbulkan arus listrik dan pasangan elektron *hole*. Modul surya mampu menyerap cahaya sinar matahari yang mengandung gelombang elektromagnetik atau energi foton ini. Energi foton pada cahaya matahari ini menghasilkan energi kinetik yang mampu melepaskan elektron-elektron ke pita konduksi sehingga menimbulkan arus listrik. Energi kinetik akan makin besar seiring dengan meningkatnya intensitas cahaya dari matahari. Intensitas cahaya matahari tertinggi diserap bumi di siang hari sehingga menghasilkan tenaga surya yang diserap bumi ada sekitar 120.000 terra Watt.

Komponen yang digunakan untuk pengkonversian energi surya, sebagai berikut :

a. Modul Surya

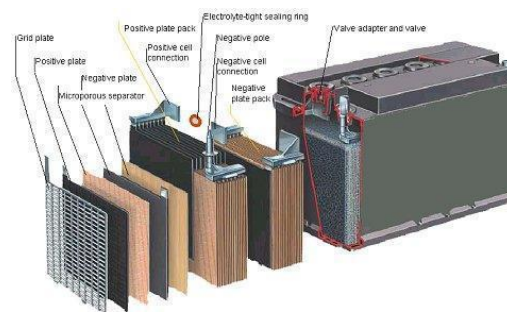
Komponen utama dari PV yang dapat menghasilkan energi listrik DC disebut panel surya atau modul surya yang tersusun dari sel surya (Gambar 1). Panel surya terbuat dari bahan semikonduktor (umumnya *silicon*) yang apabila disinari oleh cahaya matahari dapat menghasilkan arus listrik.



Gambar 1. modul sel surya yang terbuat dari bahan semikonduktor.

b. Baterai/Aki

Baterai atau aki adalah penyimpan energi listrik pada saat matahari tidak ada. Baterai yang cocok digunakan untuk PV adalah baterai *deep cycle lead acid* yang mampu menampung kapasitas 100 Ah, 12 V, dengan efisiensi sekitar 80%. Waktu pengisian baterai/aki selama 12 jam - 16 jam (Gambar 2).



Gambar 2. Baterai/aki sebagai penyimpan energi listrik.

c. Regulator Baterai

Regulator baterai adalah alat yang mengatur pengisian arus listrik dari modul surya ke baterai/aki dan sebaliknya. Saat isi baterai tersisa 20% sampai 30%, maka regulator akan memutuskan dengan beban. Regulator baterai juga mengatur kelebihan mengisi baterai dan kelebihan tegangan dari modul surya. Manfaat dari alat ini juga untuk menghindari *full discharge* dan *overloading* serta memonitor suhu baterai. Kelebihan tegangan dan pengisian dapat mengurangi umur baterai. *Regulator* baterai dilengkapi dengan *diode protection* yang menghindarkan arus DC dari baterai agar tidak masuk ke panel surya lagi. Gambar 3 menunjukkan contoh dari regulator.



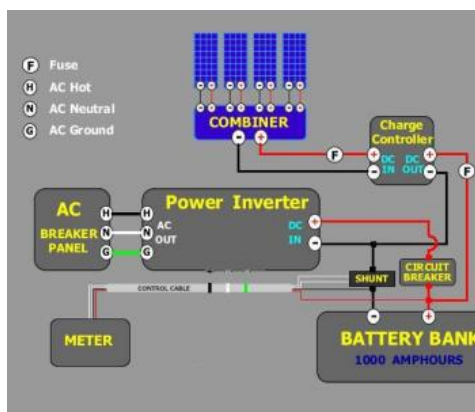
Gambar 3. Contoh *regulator* baterai yang ada di pasaran.

d. Inverter

Inverter adalah alat yang mengubah arus DC menjadi AC sesuai dengan kebutuhan peralatan listrik yang digunakan (Gambar 4). Alat ini mengubah arus DC dari panel surya menjadi arus AC untuk kebutuhan beban-beban yang menggunakan arus AC. Gambar 5 menunjukkan hubungan atau rangkaian dari bagian-bagian sistem pembangkit tenaga surya.

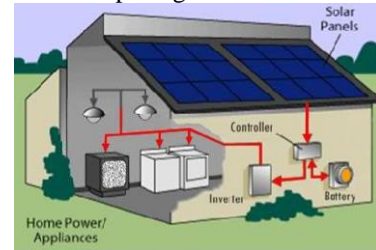


Gambar 4. *Inverter* untuk mengubah arus DC menjadi AC



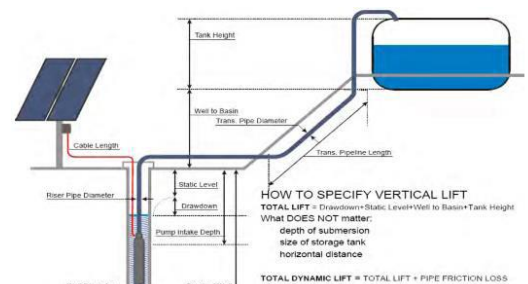
Gambar 5. Skema lengkap teknologi *photovoltaic*.

Aplikasi Teknologi PV, yang digunakan untuk penelitian ini, meliputi *Solar Home Sistem* (SHS) yang diaplikasikan untuk memompa air di kedalaman. Komponen utama yang digunakan adalah modul surya, baterai/aki, *regulator* baterai, *inverter*, dan kabel. Skema SHS terlihat pada gambar 6.



Gambar 6. *Solar regulator* dan komponen-komponennya

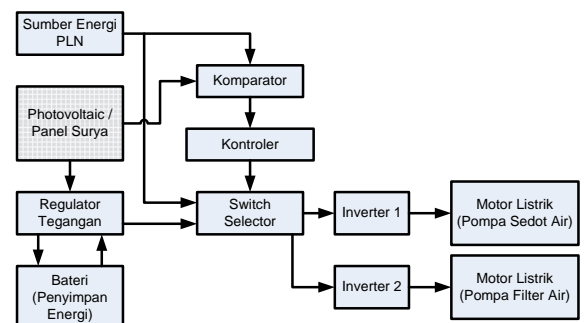
Energi listrik oleh motor listrik akan diubah menjadi energi kinetik yang akan menggerakkan pompa sehingga berhasil memompa air. Debit air yang tersisa ini akan disimpan di tangki penyimpanan sementara (Gambar 8).



Gambar 7. Aplikasi *photovoltaic* pada pompa air tenaga surya.

III. METODE PERANCANGAN

Sistem Elektrik Tenaga hybrid untuk Pemfilteran Air Tanah ini dikerjakan dalam beberapa tahap. Gambar 8 menunjukkan Blok diagram perancangan alat sebagai berikut :



Gambar 8. Diagram Blok Sistem Elektrik Hybrid untuk Pemfilteran Air Tanah.

regulator tegangan yang mempunyai fungsi untuk menstabilkan tegangan yang dihasilkan dari photovoltaic, tegangan yang dihasilkan akan disalurkan dan diatur oleh regulator tegangan untuk digunakan mengisi baterai penyimpanan dan menyalurkan tegangan ke switch selector untuk siap menggerakkan motor listrik (motor pompa air, motor sedot).

Pengujian yang dilakukan di tahapan ini, dengan melakukan pengukuran tegangan dan arus, yang dihasilkan photovoltaic dan regulator tegangan, sehingga siap untuk digunakan melakukan penyimpanan energi di baterai dan menggerakkan motor-motor listrik.

2. Perancangan sistem komparator

Pada tahapan ini dilakukan perancangan rangkaian sensor dan komparator yang berfungsi membandingkan energi yang siap digunakan didalam sistem elektrik hybrid ini, apabila keadaan energi yang dihasilkan dari photovoltaic siap untuk menggerakkan motor-motor listrik maka selektor akan mengarahkan hubungan sumber energi ke motor-motor listrik, apabila energi dari photovoltaic tidak siap, maka sumber dari PLN yang akan disalurkan, sehingga di sistem ini terjadi efisien penggunaan sumber energi yang juga merupakan tolak ukur dari penelitian ini.

Pengujian yang dilakukan di tahapan ini, dengan melakukan pengukuran pada sensor dan fungsi komparator sebagai pembanding tenaga yang siap untuk disalurkan, dan penghitungan efisien pemakaian tenaga dari sumber PLN dan photovoltaic yang dihasilkan perharinya.

3. Perancangan sistem kontroler

Pada tahapan ini dilakukan perancangan rangkaian kontroler yang akan mengendalikan sistem didalam melakukan pemilihan sumber-sumber tenaga yang akan digunakan untuk terciptanya efisien pemakaian tenaga dari sumber-sumber yang digunakan.

Pengujian yang dilakukan di tahapan ini, dengan melakukan pengujian keberhasilan kontroler untuk mengendalikan switch / selektor, sesuai dengan ketentuan yang diinginkan (sumber tenaga dari photovoltaic lebih diutamakan).

4. Perancangan sistem inverter penggerak motor-motor listrik

Pada tahapan ini dilakukan perancangan rangkaian inverter, yang berfungsi untuk mengubah sumber-sumber tenaga Direct Current (DC) yang dihasilkan dari sistem, menjadi sumber Alternate Current (AC), untuk siap menggerakkan motor-motor yang digunakan.

Pengujian yang dilakukan di tahapan ini, dengan melakukan pengukuran inputan dan keluaran tegangan inverter, yang menjadi sumber tenaga dalam menggerakkan motor-motor yang digunakan.

Langkah-langkah perancangan teknologi PV adalah sebagai berikut:

1. Mencari total beban pemakaian per hari. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Beban pemakaian (Wh)} = \text{Daya} \times \text{Lama pemakaian} \dots\dots\dots(2)$$

Daya pompa air 370 watt, direncanakan dipakai selama 3 jam

Maka beban pemakaian 1110 watt

2. Menentukan ukuran kapasitas modul surya yang sesuai dengan beban pemakaian. Rumus yang digunakan adalah:

$$\text{Kapasitas modul surya} = \frac{\text{Total beban pemakaian harian}}{\text{Insolasi surya harian}} \dots\dots(3)$$

Total beban pemakaian harian 1110 watt, insolasi surya 5 (lama waktu efektif menerima cahaya)

Maka Kapasitas modul surya 222 watt peak, atau 2 lembar solar panel 100 wp.

3. Menentukan kapasitas baterai/aki. Rumus yang digunakan adalah:

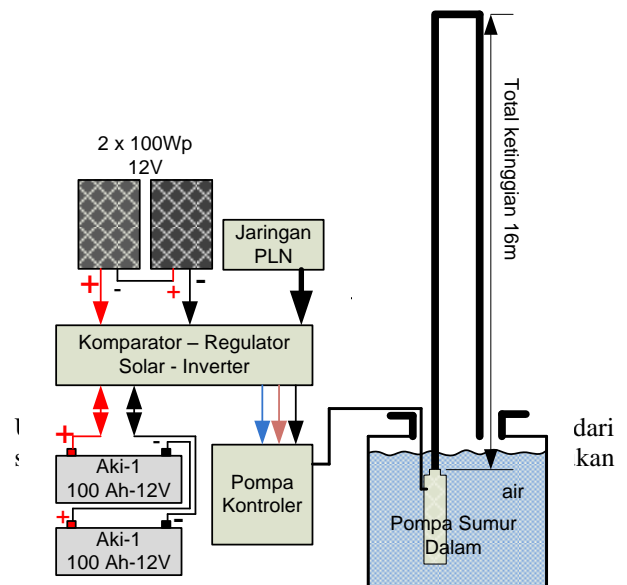
$$\text{Kapasitas baterai (Ah)} = \frac{\text{Total kebutuhan energi harian}}{\text{Tegangan sistem}} \dots\dots(4)$$

Total kebutuhan energi harian 1110 watt, tegangan sistem 12 volt (untuk pemakaian 50%)

Maka Kapasitas baterai $1110 \times 2 = 2220 / 12\text{v} = 100\text{Ah} = 1,85$ keping.

IV. ANALISA

Setelah dilakukan perancangan, maka dilakukan pengukuran dan pengujian dengan melakukan pemasangan peralatan dan melakukan koneksi peralatan seperti pada gambar 9. berikut ini :



Gambar 9. Koneksi pengujian peralatan dan pengukuran

pengukuran tegangan dan arus sewaktu melakukan pemompaan air dengan hasil seperti pada tabel 1. berikut ini:

TABEL 1. PENGUKURAN TEGANGAN DAN ARUS PEMAKAIAAN PEMOMPAAN

No	Jam	V Aki (V)	I Aki (A)	Daya Aki	V Pompa (V)	I Pompa (A)	Daya Pompa	Loss
1	11.00	27.3	18.2	496.86	215	2.2	477.4	1.99%
2	12.00	26.4	18	475.2	207.8	2.2	457.2	1.93%
3	13.00	26.4	18	475.2	207.3	2.2	456.2	2.03%
4	14.00	25.4	18	457.2	200.5	2.2	441.2	1.78%
5	15.00	24.3	5	121.5	0	0	0	100%

Dari hasil pengukuran diatas, dapat diketahui, waktu efektif untuk penggunaan sistem ini kurang lebih 4 jam efektif, dengan daya yang dapat digunakan berkisar 441 - 477 watt dengan kerugian daya 1,78 % - 2,03%.

Untuk melakukan pengukuran dan pengujian kinerja pompa air dengan sumber dari jaringan listrik PLN dan dari sumber Aki, dilakukan pengujian pemompaan air dengan skema seperti pada gambar 9. diatas, diperoleh hasil pengukuran seperti pada tabel 2. berikut ini.

TABEL 2. PENGUKURAN DAN PENGUJIAN PEMOMPAAN AIR

Sumber tegangan PLN 220V

No	Jam ukur	Arus motor [A]	Hasil Air yang dipompakan (/2L) [detik]					rata-rata [detik]
			1	2	3	4	5	
1	10.15	2.3	2.31	2.42	2.47	2.49	2.58	2.454
2	12.15	2.2	2.27	2.52	2.54	2.42	2.44	2.438
3	13.15	2.3	2.4	2.56	2.46	2.46	2.35	2.446
4	14.15	2.3	2.2	2.3	2.28	2.18	2.17	2.226
5	15.15	2.4	2.02	2.12	2.08	2.19	2.04	2.09
rata-rata		2.3						

Sumber tegangan Baterai 24 Volt

No	Jam ukur	Arus motor [A]	Hasil Air yang dipompakan (/2L) [detik]					rata-rata [detik]
			1	2	3	4	5	
1	11.00	2.2	2.20	2.30	2.28	1.89	1.87	2.108
2	12.00	2.3	2.02	1.83	2.08	1.90	1.85	1.936
3	13.00	2.2	2.40	2.06	2.27	2.30	2.44	2.294
4	14.00	2.3	2.22	2.08	2.09	2.11	2.03	2.106
5	15.00	2.3	2.03	2.08	2.07	2.06	2.09	2.066
rata-rata		2.26						

Dari hasil pengukuran dan pengujian pemompaan air, didapat waktu pemompaan rata-rata sebesar 2 detik per 2 liter air, pada keadaan tersupplay listrik jaringan PLN atau listrik yang tersupplay dari Aki, artinya sistem ini dapat melakukan pemompaan air di

kedalaman dengan menghasilkan pemompaan air 1 liter per detiknya.

V. KESIMPULAN

Dari perancangan, pengukuran dan pengujian, dapat disimpulkan :

1. Sistem yang direncanakan dapat berjalan dengan sistem hybrid, sumber jaringan listrik PLN dan sumber surya, yang dapat mengatur secara otomatis pengisian energi ke aki dengan prioritas sumber surya.
2. Sistem pemompaan air mempunyai nilai kerugian daya berkisar 1,78 % - 2,03%, dengan daya yang dipergunakan 441-477 watt, pada waktu penggunaan 4 jam efektif.
3. Sistem pemompaan air dapat melakukan memompa air di kedalaman dengan hasil 1 liter per detik.

FOTO PERALATAN DAN PENGUJIAN



REFERENSI

1. Hasnawiyah Hasan, “PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DI PULAU SAUGI”, Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan (JRKT) Volume 10, Nomor 2, Juli - Desember 2012.
2. Angelina Evelyn T, Andrew Joewono, “Sumber Energi Listrik dengan Sistem Hybrid (Solar Panel dan Jaringan Listrik PLN)”, Jurnal Widya Teknik, Volume 10, No.1, April 2011.
3. LEMIGAS. 2012
<http://www.lemigas.esdm.go.id/id/prdkpenelitian-264-.html> diakses 9 April 2013.
4. Menlh/media, 2009
<http://www.menlh.go.id/ringkasan-berita-media-massa-ii-699/diakses> 13 April 2014.
5. DESDM (2007), PLN Targetkan Pemakaian Energi Listrik Terbarukan 10 %, Jakarta. diakses tanggal : 13/01/2009 21:09 dari DESDM (2007).
<http://www.esdm.go.id/berita/listrik/39-listrik/129-pln-targetkan-pemakaian-energi-listrik-terbarukan-10.html>.
6. FIL (2014), “Water Treatment”, <http://filter-penjernih-air.7pilar.net/> diakses tanggal 15 April 2014.

Model Pemilihan Pembangkit Listrik Skala Kecil Isolated yang Optimal untuk Kawasan Rural di Daerah Tropis

P.R. Musta'in

Program Studi Teknik Elektro
Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati,
Bandung, Indonesia
putri.ramadhani14021994@gmail.com

S.Sasmono

Program Studi Teknik Elektro
Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati,
Bandung, Indonesia
udhargryffindor@gmail.com

N.Ismail

Program Studi Teknik Elektro
Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati,
Bandung, Indonesia
nanang.is@fst.uinsgd.ac.id

Abstrak— Terdapat sejumlah kawasan-kawasan *rural* yang tidak memungkinkan dilayani listrik oleh penyedia listrik utiliti. Layanan listrik di kawasan tersebut terkendala oleh lokasi yang terpencil sehingga meningkatkan biaya pengiriman daya. Selain itu kawasan pemukiman penduduk di daerah sekitar taman nasional atau konservasi alam terkendala aturan pembatasan pembangunan infrastruktur listrik. Pilihan penyediaan listrik di kawasan sedemikian adalah pembangunan pembangkit listrik yang beroperasi secara *isolated* menggunakan terutama potensi energi setempat. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tipe pembangkit yang optimal di kawasan tersebut. Teknik pemilihan pembangkit optimal menggunakan teknik *cost and benefit analysis* (CBA). Hasil simulasi dengan menggunakan nilai NPV dalam 20 tahun masa operasi pembangkit sebagai indikator menunjukkan PLTBm (pembangkit listrik tenaga biomassa) adalah pembangkit yang optimal digunakan di kawasan *rural* dan *isolated* tersebut. PLTBm lebih unggul dari PLTS (pembangkit listrik tenaga surya) yang selama ini dipandang sebagai alternatif terbaik. Jika pilihan PLTBm tidak dimungkinkan maka PLTS tipe *Array* lebih unggul dibandingkan PLTS tipe SHS. Sedangkan PLTD tidak direkomendasikan kecuali dalam keadaan darurat atau terpaksa.

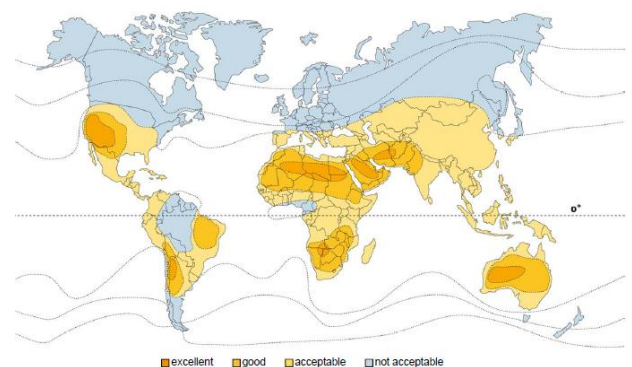
Kata kunci: *cost and benefit analysis, isolated, rural, pembangkit listrik tenaga biomassa*

I. PENDAHULUAN

Banyak ahli kelistrikan, ahli kebijakan energi dan insinyur listrik yang berpendapat bahwa untuk kawasan *rural / remote area* seperti di daerah tropis di Indonesia, pembangkit listrik *isolated* yang optimal dikembangkan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) / Photo Voltaic (PV). PLTS *isolated* memiliki beberapa kekurangan, salah satunya yaitu baterai PLTS rata-rata

hanya memiliki usia pakai selama 2 tahun. Masyarakat akan mengalami kesulitan ketika baterai sudah tidak bisa dipakai. Hal ini menjadikan PLTS terlantar dan tidak terpakai. Untuk PLTS dengan teknologi *polycrystalline* yang saat ini sudah *proven*, investasinya masih tergolong cukup mahal yaitu berkisar Rp. 14.983,65 /kWp. Sedangkan tarif listrik rata-rata PLN untuk rumah tangga sebesar Rp. 1.224 /kWh [1].

Tidak semua kawasan tropis merupakan daerah yang terbaik (*excellent*) untuk pengembangan PLTS. Hal tersebut ditunjukkan di Gambar 1. Di daerah dimana potensi energi surya hanya dapat dikembangkan (*acceptable*) seperti di Indonesia, banyak kasus PLTS tidak menghasilkan energi sesuai dengan desain awal. Hal tersebut menyebabkan biaya pokok pembangkitan listrik dengan PLTS menjadi lebih tinggi karena PLTS tidak bekerja dengan optimal.



Gambar 1. Sebaran Potensi Energi Matahari di Dunia

Dengan memperhatikan Gambar 1. tersebut, terlihat jelas anggapan umum bahwa PLTS adalah pembangkit *isolated* yang optimal untuk kawasan *rural / remote area* di Indonesia perlu diuji secara ilmiah. Pada kenyataannya seluruh wilayah di Indonesia hanya termasuk ke dalam kategori yang dapat mengembangkan PLTS (*acceptable*), bukan wilayah terbaik (*excellent*) untuk pengembangan PLTS.

Di kawasan tropis seperti Indonesia, biomassa berlimpah dalam bentuk sampah organik, sisa industri kayu, ranting pohon yang meranggas, dan bahan organik lainnya. Teknologi pembangkit listrik biomassa relatif lebih sederhana dan mudah dioperasikan jika dibandingkan dengan pembangkit listrik bertenaga surya, hal ini dapat dilihat dari teknologi pembangkitan yang hanya menggunakan proses pembakaran (*incenerator*) untuk menghasilkan listriknya.

Dengan membandingkan kedua kondisi diatas maka dapat diduga pembangkit listrik tenaga biomassa lebih optimal dibandingkan PLTS untuk melistriki kawasan *isolated* atau kawasan *rural* di Indonesia. Meskipun demikian dugaan yang bersifat hipotesis ini perlu diuji secara ilmiah.

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan untuk menguji hipotesis tersebut adalah *cost benefit analysis* (CBA). Metode ini sudah banyak digunakan dalam proses pengambilan keputusan di dunia kelistrikan. Beberapa penelitian di pembangkitan listrik yang menggunakan CBA diantaranya penelitian untuk menetapkan pembangkit tambahan yang optimal dalam sistem tenaga yang besar. Dalam penelitian tersebut, fungsi tujuan adalah total biaya yang terdiri dari (1) biaya investasi, (2) biaya operasional dan biaya *unreability* dalam bentuk *outage cost*. Pembangkit tambahan yang dipilih adalah pembangkit yang memiliki biaya (*cost*) terendah dengan keuntungan (*benefit*) tertinggi [2]. Penelitian lainnya yang menggunakan metode CBA adalah penelitian untuk menentukan manfaat instalasi *Building-Integrated Photo-Voltaic (BIPV)* berdasarkan *Feed-in Tariff (FiT)* dalam berbagai skenario untuk menentukan skenario yang optimal. Dalam penelitian tersebut keputusan diambil di skenario dimana *net* yang menunjukkan nilai keuntungan (*benefit*) dikurangi nilai biaya (*cost*) mencapai maksimal [3].

II. METODOLOGI

Dalam penelitian ini, pada tahap awal dilakukan perhitungan beban listrik yang akan dilayani oleh pembangkit *isolated*. Proyeksi kebutuhan listrik dan beban yang akan dilayani oleh pembangkit tersebut dilakukan berdasarkan data historis kebutuhan listrik di kawasan yang akan dilayani. Selanjutnya berdasarkan kebutuhan tersebut didesain pembangkit-pembangkit yang dapat memenuhi kebutuhan listrik tersebut. Gambar 2 menunjukkan metodologi yang digunakan tersebut.

Pilihan pembangkit yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik di kawasan *rural* tersebut adalah PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) Sistem *array*, PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) Teknologi *solar home*

system (SHS), PLT (Pembangkit Listrik Tenaga) Biomassa dan PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel).

Komponen *benefit* PLTS Sistem *Array* dan PLTS SHS terdiri dari (1). Produksi listrik (kWh) yang dihasilkan oleh PLTS *Array* tersebut dan (2). Reduksi emisi CO₂ sebagai dampak dari pengoperasian PLTS *array* tersebut. Komponen *benefit* PLT Biomassa terdiri dari (1).Produksi listrik (kWh) yang dihasilkan oleh PLT Biomassa tersebut, (2). Reduksi emisi CO₂ sebagai dampak pengoperasian PLT Biomassa dan (3). Limbah terserap, yaitu sejumlah limbah yang semestinya dimusnahkan menjadi dapat dimanfaatkan sebagai energi primer pembangkitan listrik. Komponen *benefit* PLTD hanya berasal dari produksi listrik (kWh) yang dihasilkan oleh PLTD tersebut.



Gambar 2. Metodologi Penelitian

Komponen *cost* PLTS sistem *Array* terdiri dari (1). Biaya Investasi, (2). Biaya tenaga kerja pembangkit, (3).Biaya administrasi dan (4). Biaya pemeliharaan (*Operation & Maintenance cost*). Komponen *cost* PLTS SHS terdiri dari (1). Biaya investasi dan (2) Biaya pemeliharaan (*Operation & Maintenance*). Komponen *cost* PLTBm terdiri dari (1).Biaya investasi, (2). Biaya akibat energi yang diproduksi digunakan untuk pemakaian sendiri, (3). Biaya tenaga kerja, (4).Biaya pemeliharaan tahunan (*operation and maintenance cost*), (5). Biaya administrasi, dan (6). Biaya emisi CO₂ akibat penggunaan teknologi insinerasi, meskipun emisi CO₂ tersebut lebih rendah dari emisi CO₂ PLTU Batubara. Sedangkan komponen *cost* PLTD terdiri dari (1). Biaya Investasi, (2). Biaya akibat energi yang diproduksi digunakan untuk pemakaian sendiri, (3). Biaya bahan bakar, (4). Biaya minyak pelumas diesel dan pelumas generator, (5). Biaya tenaga kerja, (6). Biaya pemeliharaan tahunan, (7).Biaya administrasi, dan (8). Biaya emisi CO₂.

Fungsi tujuan adalah adalah nilai *net present value* yang maksimal sesuai dengan persamaan (1)

$$\text{Maksimum (NPV)} = \text{Benefit}_{\text{present value}} - \text{Cost}_{\text{present value}} \quad (1)$$

Pembangkit yang optimal adalah pembangkit yang memiliki nilai Maksimum (NPV) sesuai dengan persamaan (1) tersebut.

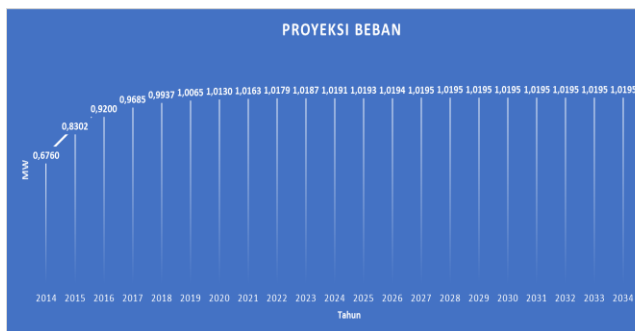
III. STUDI KASUS DAN HASIL PERHITUNGAN

Studi kasus dalam penelitian ini adalah di Desa Sangkima, Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur. Desa Sangkima adalah desa yang berada di areal Taman Nasional Kutai yang menjadi salah satu habitat orang utan yang merupakan hewan yang dilindungi. Kawasan taman nasional adalah kawasan dimana saluran transmisi atau distribusi listrik tidak boleh dibangun di atasnya. Pembangunan infrastruktur penyaluran listrik tersebut hanya dibolehkan jika pihak pengembang sanggup menggantikan lahan yang digunakan tersebut dengan lahan di tempat lain untuk peruntukan yang sejenis. Kondisi ini menyebabkan penyediaan listrik di Desa Sangkima hanya dapat dilakukan mengandalkan pembangkit *isolated*. Dengan demikian Desa Sangkima tidak hanya desa yang jauh dari infrastruktur penyaluran listrik (*rural*) tetapi dapat dipandang sebagai desa yang berdiri di kawasan terbatas (*restricted area*).

Proyeksi kebutuhan listrik di Desa Sangkima dalam dua tahun kedepan dilakukan menggunakan persamaan Gompertz seperti yang ditunjukkan di persamaan (2).

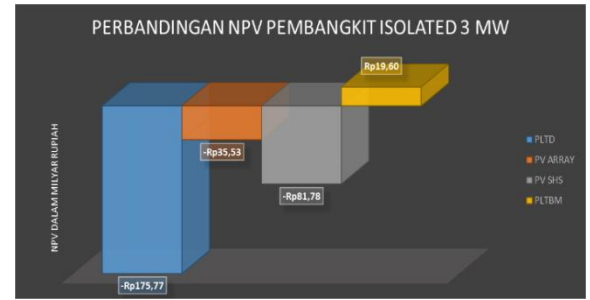
$$N = C a^{Rt} \quad (2)$$

Dimana, N adalah beban (MW) pada tahun ke t , C adalah tingkat pertumbuhan dewasa / beban maksimum, a adalah proporsi pertumbuhan awal, R adalah tingkat pertumbuhan, dan t adalah indeks waktu. Pemilihan persamaan Gompertz dilakukan karena pengembangan Desa Sangkima akan terbatas oleh kawasan Taman Nasional Kutai. Hasil perhitungan proyeksi kebutuhan dan beban listrik ditunjukkan di Gambar 3.



Gambar 3. Proyeksi kebutuhan listrik di Desa Sangkima

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam perhitungan di tunjukkan di Tabel 1. Sedangkan hasil perhitungan ditunjukkan di Gambar 4. Desain seluruh alternatif pembangkit menggunakan pembangkit dengan kapasitas 3 MW. Hasil menunjukkan maksimum NPV terjadi para alternatif pasokan menggunakan PLTBm.



Gambar 4. Proyeksi kebutuhan listrik di Desa Sangkima

TABEL 1. ASUMSI YANG DIGUNAKAN

No	DESKRIPSI	SATUAN	ASUMSI
1	Kurs USD 1	Rp	12.965
2	Harga Beli Listrik PLTD	\$/kWh	0,35
3	Inflasi	%	6,3460
4	Discount Rate	%	10
5	Harga CO2 2015-2024	\$/ton	50
6	Harga CO2 2025-2029	\$/ton	50
7	Harga CO2 2030-2034	\$/ton	100
8	Harga CO2 2035	\$/ton	100
9	Emisi CO2 PLTD	kg/kWh	0,821
10	Harga Mesin PLTD 3 MW (1.577 kWe x 2) Tipe 8L22HLX	Rp	23.122.642.913
11	Harga Bahan Bakar Diesel	Rp/liter	11.721
12	Harga Pelumas Mesin Diesel (Meditran SAE 40)	Rp/liter	32.000
13	Harga Pelumas Generator (Turbo Generator T 68)	Rp/liter	43.487
14	Biaya Tenaga Kerja	Rp/bulan	12.000.000
15	Biaya Administrasi	Rp/kWh	300
16	Specific Fuel Consumption PLTD	liter/kWh	0,25
17	Specific Lube Consumption Diesel PLTD	liter/kWh	0,001
18	Specific Lube Consumption Generator PLTD	liter/kWh	0,00175
19	Reduksi CO2 PLTS	kg/kWh	0,93
20	Biaya Investasi PLTS	\$/Wp	5
21	O&M Cost PLTS	\$/kWp/tahun	6,5
22	Emisi CO2 PLTBm	kg/kWh	0,119
23	Kandungan Energi Pada Kayu Ulin (kering)	J/g	19.902
24	Kandungan Energi Pada Kayu Kapur (kering)	J/g	19.620
25	Kandungan Energi Pada Kayu Mernati Kuning (kering)	J/g	19.245
26	Reduksi CO2 PLTBm	kg/kWh	0,811
27	Harga Buang Limbah	\$/ton	40
28	Biaya Investasi PLTBm	\$/kW	1.880
29	O&M Cost PLTBm	\$/kWh	0,005

IV. KESIMPULAN

Meskipun masih memerlukan simulasi di kawasan *rural* dan *isolated* lainnya di daerah tropis, penelitian ini menunjukkan indikasi awal bahwa tipe pembangkit yang optimal digunakan di kawasan tersebut adalah PLTBm. Indikasi ini dapat menjadi dasar untuk membantah pendapat para peneliti lain dan *engineer* yang menyatakan bahwa tipe pembangkit yang optimal di kawasan tersebut adalah PLTS.

Di kawasan *rural* dan *isolated* di daerah tropis, jika pilihan PLTBm tidak memungkinkan dilakukan maka pilihan PLTS tipe Array lebih optimal dibandingkan dengan PLTS SHS.

PLTD tidak direkomendasikan digunakan sebagai sumber energi listrik di kawasan *rural* dan *isolated* kecuali dalam keadaan terpaksa atau keadaan darurat.

REFERENSI

- [1] Rahardjo, Irawan., & Fitriana, Ira, Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Indonesia. Publikasi Ilmiah Strategi Penyediaan Listrik Nasional dalam Rangka Mengantisipasi Pemanfaatan PLTU Batubara skala Kecil, PLTN, dan Pembangkit Energi Terbarukan, Januari. 2005, hlm. 43-51.
- [2] Jonnavithula, S. et all “Cost-Benefit Analysis of Generation Additions in System Planning”, IEE Proc-Gener.Transm,Distrib , Volume 145. 1998, hlm 288 – 292.
- [3] A.S Abdullah, et all. “Renewable Energi CBA under Malaysian Feed-in-Tarif”. IEEE Student Conference on Research and Development. 2012, hlm 160 – 165.

Pengaruh Perubahan Aliran Udara Terhadap Stabilitas Arus Listrik pada Pengolahan Air Gambut Menjadi Air Layak Minum Menggunakan Perpaduan Proses Elektrokoagulasi Dan Aerasi

Sutanto

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta.
Jl Prof. Dr.G.A.Siwabessy,Kampus Universitas
Indonesia
Depok
E-mail: stanto09@gmail.com

Endang Saepudin

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta.
Jl Prof. Dr.G.A.Siwabessy,Kampus Universitas Indonesia
Depok
E-mail: dangsepu_pnj@yahoo.com

Abstrak— Penelitian tentang pengolahan air gambut menjadi air minum secara elektrokoagulasi sudah banyak dilakukan akan tetapi tahanan larutan selama proses elektrokoagulasi sering mengalami perubahan, sehingga arus yang mengalir menjadi tidak stabil. Kualitas air minum yang dihasilkan dari proses elektrokoagulasi dari air gambut sangat ditentukan oleh stabilitas dari arus yang digunakan. Pada penelitian ini digunakan proses elektrokoagulasi yang dipadukan dengan proses aerasi. Proses dijalankan dengan mengalirkan air gambut 7 liter kedalam bak elektrokoagulasi yang telah dipasang elektroda aluminium dan pipa aerator. Proses elektrokoagulasi dilakukan pada tegangan 12 V tanpa diikuti dengan proses aerasi. Waktu percobaan dilakukan selama 120 menit dengan interval waktu 10 menit untuk pengamatan perubahan arus listrik. Penelitian selanjutnya tetap menggunakan tegangan 12 V, waktu proses 120 menit dengan interval waktu pengamatan arus listrik 10 menit, akan tetapi proses aerasi dijalankan dengan variasi aliran udara 100, 200 dan 300 liter/menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada penggunaan aliran udara 300 liter/menit mampu menstabilkan arus listrik 0,37 A selama 120 menit. Pada saat proses mencapai 90 menit terjadi penurunan konsentrasi warna air dari 756 mg/L menjadi 12 mg/L atau setara dengan 98,41 % (konsentrasi maksimum warna air yang diijinkan 15 mg/L).

Kata Kunci — Air gambut, elektrokoagulasi, aerasi, stabilitas arus

I. PENDAHULUAN

Berdasarkan data statistik disebutkan bahwa Indonesia mempunyai kawasan gambut dan lahan basah air tawar sekitar 19 juta hektar atau sekitar 10 % dari wilayah Indonesia. Artinya potensi cadangan air gambut tersebut cukup layak dipertimbangkan sebagai bahan baku untuk pembuatan air minum bagi penduduk disekitarnya. Sampai saat ini masih banyak penduduk yang tinggal di sekitar sumber air gambut memanfaatkan air

tersebut untuk memenuhi keperluan mandi, cuci atau untuk air minum. Karena air tersebut terlalu asam dan banyak mengandung zat organik, maka air tersebut belum layak digunakan sebagai air minum.

Beberapa ciri-ciri air gambut antara lain intensitas warna tinggi (berwarna merah kecoklatan), pH rendah, kandungan zat organik tinggi, kekeruhan dan kandungan partikel tersuspensi rendah serta kandungan kation rendah.

Endahwati dkk [1] pernah melakukan pengukuran parameter kualitas air gambut dari daerah Pangkoh, Kalimantan Tengah. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa : pH = 3,8, kekeruhan = 10 NTU, warna = 500 mg/L, besi (Fe) = 0,4 mg/L, mangan (Mn) = 0 mg/L, zat padat terlarut = 0 mg/L dan zat organik = 470 mg/L (KmnO_4). Artinya air gambut dari daerah Pangkoh tersebut belum layak untuk keperluan rumah tangga.

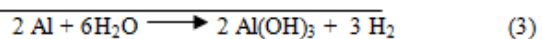
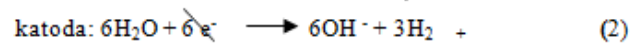
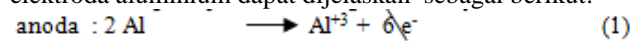
Menurut Eiband et al [2] untuk menghilangkan atau menurunkan konsentrasi bahan organik, logam berat, warna, bau dan menaikkan pH air dapat dilakukan proses elektrokoagulasi. Jika proses elektrokoagulasi menggunakan aluminium sebagai anoda, maka akan terbentuk gumpalan atau flok aluminium hidroksida atau Al(OH)_3 yang dapat mengadsorpsi logam-logam berat dan bahan organik. Dengan demikian logam berat dan bahan organik tersebut mudah diendapkan secara elektrolisis. Selain dari pada itu juga akan terbentuk gugus OH^- yang bersifat basa dan dapat menaikkan harga pH air.

Penelitian sebelumnya tentang pengolahan air gambut menjadi air minum masih menggunakan tambahan bahan kimia (kaporit, tawas dan sebagainya), sehingga air hasil pengolahan menjadi turun kualitasnya. Suherman dkk [3], melakukan penelitian proses pengolahan 1000 ml air gambut menjadi air minum. Penelitian dimulai dengan menambahkan kaporit 0,10 gram dan kapur tohor 0,05 gram untuk menaikkan pH air

sampai 11. Dilanjutkan dengan penambahan tanah lempung 0,30 gram untuk menaikkan kandungan partikel tersuspensi. Untuk mempercepat proses pengendapan ditambahkan 0,40 gram tawas (aluminium sulfat) sebagai koagulan. Proses dijalankan dengan bantuan pengadukan selama 30 detik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi warna dapat diturunkan dari 383,50 mg/L menjadi 3,01 mg/L atau setara 99,20 %, kandungan zat organik turun dari 385,87 mg/L menjadi 7,19 mg/L (KMnO₄) atau setara 98,15 %. Harga parameter air gambut tersebut telah memenuhi persyaratan sebagai air minum. Karena menurut peraturan Menteri Kesehatan RI No 492/Menkes/Per/IV/2010 disebutkan bahwa air yang layak untuk air minum harus memenuhi beberapa parameter antara lain: warna 15 mg/L, tidak berbau, kekeruhan 5 NTU, besi (Fe) 0,3 mg/L, bahan organik 10 mg/L (KMnO₄), pH 6,5 - 8,5, total zat padat terlarut 500 mg/L, konsentrasi Mangan (Mn) 0,4 mg/L.

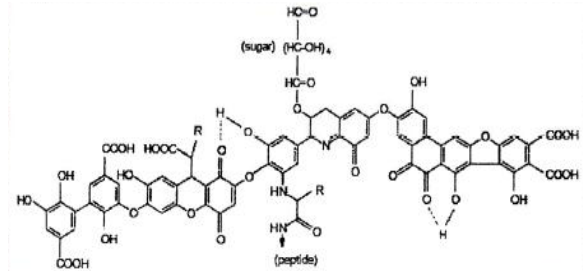
Hasil penelitian pada pengolahan air limbah rumah tangga yang dilakukan secara elektrokoagulasi oleh Karicappan et al [4] menunjukkan bahwa proses mampu menurunkan kandungan padatan total (TS) sampai 98,45 %, Chemical Oxygen Demand (COD) sampai 94,75 % dan bakteri Koliform sampai 96,34 %. Dalam proses elektokoagulasi tersebut digunakan elektroda stainless steel pada jarak optimum 5 cm dengan rapat arus listrik 20 mA/cm², pH 7 dan waktu proses 20 menit.

Menurut Bayramoglu et al [5], persamaan reaksi yang terjadi pada proses elektrokoagulasi dengan elektroda aluminium dapat dijelaskan sebagai berikut:

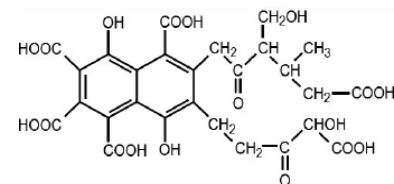


Dari "Persamaan 3" diperoleh hasil akhir berupa Al(OH)₃ yang berbentuk gumpalan atau flok yang mempunyai kemampuan untuk menyerap polutan organik dan anorganik, sehingga mudah terendapkan.

Warna coklat kemerahan pada air gambut disebabkan dekomposisi bahan organik seperti daun, pohon atau kayu menjadi asam humus. Berdasarkan kelarutan dalam alkali dan asam, maka asam humus dapat dibagi menjadi asam fulfat (berwarna kuning tua atau kuning kecoklatan), asam humat (warna coklat agak gelap atau abu-abu kehitaman) dan asam humin (warna hitam). "Gambar 1" menunjukkan struktur dari asam humat, sedangkan struktur asam fulfat dapat dilihat pada "Gambar 2".

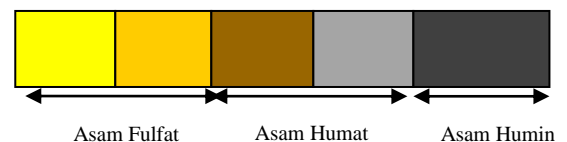


Gambar 1. Struktur asam humat



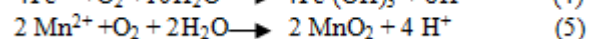
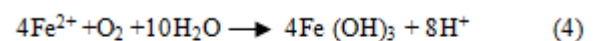
Gambar 2. Struktur asam fulfat

Sketsa perbedaan warna air gambut berdasarkan kandungan asam fulfat, humat dan humin ditunjukkan pada "Gambar 3".



Gambar 3. Perbedaan warna asam humus

Jika proses aerasi dilakukan dalam air gambut dan oksidasi berlangsung secara sempurna, maka asam humus akan terurai menjadi H₂O dan CO₂. Sedangkan kalau dalam air gambut mengandung Besi (Fe) atau Mangan (Mn), maka akan terjadi proses oksidasi sebagai berikut[Widayat 6]:



Hasil oksidasi berupa Fe(OH)₃ dan MnO₂ dengan mudah terendapkan ke dasar bak proses. Jika oksidasi asam humus dilakukan dengan gas ozon (O₃) atau oksidator kuat lainnya, maka asam humus akan terurai lebih sempurna [6].

Untuk proses "bach" dibutuhkan persamaan sebagai berikut:

$$m = \frac{\text{ar.t.V.A}}{96500.n.p.L} \quad (6)$$

dengan: m: massa zat yang diendapkan pada katoda (gram) V: tegangan sumber DC (Volt), p: tahanan jenis

larutan (ohm.cm), L: jarak antara elektroda (cm) , A: luas penampang elektroda (cm²).

Persamaan pembentukan ion Al³⁺ pada proses elektrokoagulasi yang dijalankan secara "batch" dengan anoda dari aluminium adalah :

$$m = \frac{ar.t.I}{96.500.n} \quad (7)$$

dengan m: massa dari Al³⁺ yang dihasilkan oleh anode (g), ar: massa atom relatif, I: arus listrik (ampere), t: waktu proses (detik) dan n: perubahan bilangan oksidasi. Berdasarkan "Persamaan 7" dapat dijelaskan bahwa pembentukan ion Al³⁺ yang merupakan unsur pembentuk senyawa Al(OH)₃ berbanding lurus dengan arus listrik yang digunakan untuk proses elektrokoagulasi. Sedangkan arus listrik yang digunakan adalah berbanding lurus dengan tegangan (V) dan berbanding terbalik dengan tahanan larutan (R), seperti ditunjukkan pada "Persamaan 9" berikut:

$$I = \frac{V}{R} \quad (8)$$

Selama proses elektrokoagulasi pada daerah katoda terbentuk gas H₂ yang makin lama dapat menutup permukaan katoda. Gas H₂ yang semakin bertambah dapat berakibat pada peningkatan tahanan larutan, sehingga arus listrik yang digunakan semakin menurun. Jika arus listrik yang digunakan semakin menurun, maka proses pembentukan ion Al³⁺ yang merupakan senyawa pengikat polutan dalam air akan semakin berkurang. Dengan demikian waktu proses pengolahan air menjadi semakin lama yang dapat berakibat pada penurunan kapasitas produksi pengolahan air. independen. Tolong jangan merevisi salah satu sebutan saat ini.

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian terdiri dari bahan dan alat yang digunakan serta prosedur kerja.

A. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air gambut dari daerah Bontang - Kalimantan Timur, udara dan elektroda dari aluminium

B. Peralatan

Alat yang digunakan adalah bak proses, kompresor, sumber DC, ampermeter, pipa aerator, flow meter, pH meter, turbidi meter, Spektrofotometri UV-Visible dan AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer).

C. Prosedur

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan urutan sebagai berikut: mengukur parameter kualitas air gambut, merangkai alat penelitian dan pelaksanaan penelitian.

D. Mengukur parameter kualitas air gambut

Parameter yang diukur adalah konsentrasi warna dengan Spektrofotometri UV-Visible, pH dengan pH meter, kekeruhan dengan turbidi meter dan konsentrasi besi (Fe) dengan AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer). Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel I.

E. Merangkai alat penelitian

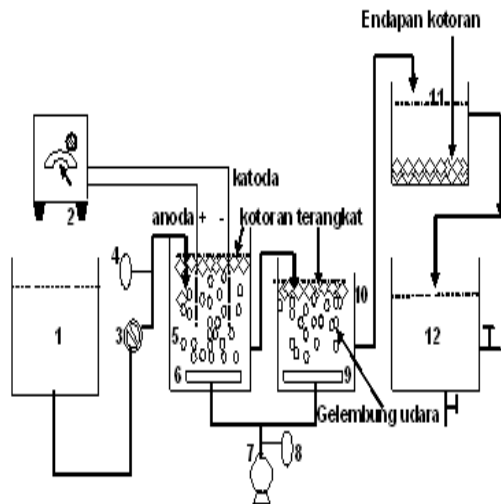
Rangkaian alat yang dipakai untuk penelitian dapat dilihat pada "Gambar 4".

F. Pelaksanaan penelitian

Penelitian dilakukan dengan mengalirkan air gambut 7 liter kedalam bak proses elektrokoagulasi yang telah dipasang elektroda aluminium dan pipa aerator. Proses elektrokoagulasi dijalankan pada tegangan tetap 12 V tanpa diikuti proses aerasi. Interval waktu untuk pengamatan perubahan arus listrik dilakukan setiap 10 menit. Untuk penelitian selanjutnya proses elektrokoagulasi tetap dilakukan pada tegangan 12 V dan interval waktu pengamatan perubahan arus listrik dilakukan tetap dalam setiap 10 menit, akan tetapi proses aerasi dijalankan dengan variasi aliran udara 100, 200 dan 300 liter/menit. Pengukuran perubahan arus listrik dilakukan dengan amper meter. Selain dilakukan pengukuran perubahan arus listrik, pada penelitian ini dilakukan pula pengukuran perubahan konsentrasi warna air gambut menggunakan Spektrofotometri UV-Visible. Pengukuran konsentrasi warna air dimaksudkan untuk melihat pangaruh aliran udara terhadap perubahan konsentrasi air gambut.

TABEL I. HASIL PENGUKURAN PARAMETER AIR GAMBUT

Parameter	Hasil pengukuran
Warna	756 mg/L
Besi	0,6 mg/L
pH	4,6
Kekeruhan	30



Gambar 4. Rangkaian alat penelitian

Keterangan Gambar 4, 1: bak penampung air gambut, 2: sumber DC, 3: pompa air, 4: flowmeter, 5: Bak proses elektrokoagulasi dan aerasi, 6: pipa aerator, 7: kompresor, 8: flowmeter, 9: pipa aerator, 10: bak aerator, 11: bak pengendap kotoran, 12: bak penampung air bersih.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian dari proses pengolahan air gambut secara elektrokoagulasi yang dipadu dengan proses aerasi dikelompokkan menjadi dua, yaitu hasil penelitian yang berkaitan dengan pengukuran perubahan aliran udara terhadap

arus listrik dan hasil penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan aliran udara terhadap penurunan konsentrasi warna air gambut.

A. Hasil penelitian pengaruh perubahan aliran udara terhadap arus listrik

Hasil penelitian pengaruh perubahan aliran udara terhadap arus listrik dapat dilihat pada Tabel II. Berdasarkan Tabel II dapat dijelaskan bahwa proses elektrokoagulasi yang dilakukan tanpa disertai dengan proses aerasi dapat memberikan dampak pada penurunan arus listrik. Pada awal penelitian sampai dengan waktu 30 menit, terlihat bahwa arus listrik yang digunakan cenderung stabil 0,37 A. Akan tetapi pada saat proses berjalan sampai dengan 40 menit mulai terjadi penurunan arus listrik dari 0,37 A menjadi 0,36 A atau setara dengan 2,70 %. Ketika proses berlangsung sampai dengan 30 menit diperkirakan gelembung gas H_2 yang terbentuk dalam badan air dan disekitar katoda belum begitu banyak, sehingga permukaan katoda relatif bersih dari gangguan gelembung gas H_2 . Dengan

demikian tahanan badan air dan cairan disekitar permukaan katoda relatif tetap dan arus listrik yang mengalir relatif stabil pada 0,37 A. Sedangkan arus mulai mengalami penurunan pada saat proses berjalan sampai 40 menit. Hal ini diperkirakan bahwa gelembung gas H_2 yang terbentuk sudah mulai banyak dan terjebak dalam badan air dan disekitar permukaan katoda. Oleh karena itu tahanan badan air dan cairan disekitar permukaan katoda mulai mengalami peningkatan, sehingga berdampak pada penurunan arus listrik. Dalam hal ini arus listrik mengalami penurunan dari 0,37 A menjadi 0,36 A atau setara dengan 2,70 %. Penurunan arus listrik menjadi semakin drastis dari 0,37 A menjadi 0,14 A atau setara dengan 62,16 % ketika proses berlangsung sampai dengan 120 menit. Hal ini membuktikan bahwa semakin lama waktu proses dapat berakibat pada penumpukan gas H_2 disekitar permukaan katoda dan badan air. Terjadinya penumpukan gas H_2 tersebut disebabkan oleh terjebaknya gas tersebut didalam larutan dan permukaan katoda. Sehingga semakin lama gas H_2 yang terjebak didalam badan air dan disekitar katoda menjadi semakin bertambah banyak dan semakin menumpuk. Akibat lebih lanjut dari penumpukan gas H_2 tersebut akan meningkatkan tahanan badan air, sehingga arus yang mengalir menjadi semakin menurun. Jika arus listrik yang digunakan semakin berkurang atau semakin menurun, maka akan berpengaruh terhadap kualitas air yang diproses secara elektrokoagulasi. Karena arus listrik sangat berpengaruh pada pembentukan senyawa $Al(OH)_3$ yang merupakan bahan koagulan. Fungsi dari $Al(OH)_3$ adalah untuk mengadsorpsi atau menurunkan kandungan bahan organik dan anorganik yang terkandung dalam air gambut, sehingga air tersebut memenuhi syarat sebagai air minum. Semakin besar arus yang digunakan akan meningkatkan pembentukan senyawa $Al(OH)_3$, sehingga bahan organik dan anorganik yang terdapat dalam air gambut akan semakin banyak yang teradsorpsi dan terendapkan. Dengan demikian kualitas air hasil proses menjadi semakin meningkat.

Pada proses elektrokoagulasi yang dipadu proses aerasi dengan debit aliran udara 100 liter/menit, menunjukkan bahwa aliran udara dapat memperbaiki stabilitas aliran arus listrik. Dengan menggunakan debit aliran udara 100 liter/menit stabilitas arus listrik 0,37 A dapat terjaga sampai waktu proses 60 menit. Sedangkan jika proses elektrokoagulasi tidak dipadu dengan aerasi, ternyata stabilitas arus hanya dapat

TABEL II. HASIL PENGUKURAN ARUS LISTRIK.

Wkt. men.	Aliran udara 0 L/men.	Aliran udara 100 L/men.	Aliran udara 200 L/men.	Aliran udara 300 L/men.
	Arus, A	Arus, A	Arus, A	Arus, A
0	0,37	0,37	0,37	0,37
10	0,37	0,37	0,37	0,37

20	0,37	0,37	0,37	0,37
30	0,37	0,37	0,37	0,37
40	0,36	0,37	0,37	0,37
50	0,35	0,37	0,37	0,37
60	0,35	0,37	0,37	0,37
70	0,34	0,35	0,37	0,37
80	0,34	0,35	0,37	0,37
90	0,30	0,33	0,37	0,37
100	0,26	0,30	0,36	0,37
110	0,20	0,27	0,36	0,37
120	0,14	0,20	0,36	0,37

bertahan sampai waktu proses 30 menit. Hal ini membuktikan bahwa aliran udara dapat membantu menjaga stabilitas arus listrik yang digunakan, walaupun hanya bertahan selama 60 menit. Adanya aliran udara juga menunjukkan bahwa aliran tersebut cukup membantu memperlambat penumpukan gas H_2 yang terbentuk disekitar permukaan katoda dan badan air. Karena aliran udara yang dilewatkan didalam badan air dan disekitar katoda akan membawa keluar gas H_2 dari badan air atau yang terjebak disekitar permukaan katoda untuk dilepaskan ke udara bebas. Akan tetapi tidak semua gas H_2 dapat dibawa keluar dari badan air atau permukaan katoda. Hal ini dapat dibuktikan dari hasil pengukuran arus listrik yang mulai menurun dari 0,37 A menjadi 0,35 A pada saat proses berlangsung selama 70 menit. Peristiwa ini dapat dijelaskan bahwa aliran udara dengan debit 100 liter/menit belum mampu mengusir semua gas H_2 yang berada di dalam larutan maupun yang terjebak disekitar permukaan katoda. Bukti lain ditunjukkan ketika proses elektrokoagulasi berlangsung sampai 120 menit, ternyata arus semakin murun secara dratis dari 0,37 A menjadi 0,20 A atau terjadi penurunan 45,94 % dari arus semula. Dari hasil analisis Tabel II, dapat dijelaskan pula bahwa pada penggunaan aliran udara 100 liter/menit hanya mampu menjaga stabilitas arus listrik selama 60 menit sebesar 0,37 A. Setelah proses berlangsung 70 menit terjadi penurunan arus listrik dari 0,37 A menjadi 0,35 A dan turun lagi menjadi 0,20 A pada saat proses berjalan 120 menit. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dapat dijelaskan bahwa penggunaan aliran udara 100 liter/menit belum dapat menjaga stabilitas arus listrik sampai proses berlangsung selama 120 menit.

Pada proses elektrokoagulasi yang dipadu proses aerasi dengan debit aliran udara 200 liter/menit, menunjukkan bahwa ada peningkatan perbaikan terhadap stabilitas arus listrik. Pada penggunaan debit aliran udara 200 liter/menit stabilitas arus listrik 0,37 A dapat terjaga sampai waktu proses berlangsung selama 90 menit. Sedangkan pada penggunaan debit aliran udara 100 liter/menit proses hanya mampu menjaga stabilitas arus listrik 0,37 A selama 60 menit saja. Hal ini membuktikan bahwa aliran udara 200 liter/menit mampu meningkatkan stabilitas arus listrik dari pada aliran udara 100 liter/menit. Jika dilihat waktu proses sampai 120 menit, maka aliran udara 200

liter/menit hanya terjadi penurunan arus listrik dari 0,37 A menjadi 0,36 A atau setara dengan 2,70 %. Sedangkan dengan waktu yang sama untuk aliran udara 100 liter/menit terjadi penurunan arus listrik dari 0,37 A menjadi 0,20 A atau setara dengan 45,94 %. Hal ini menunjukkan bahwa aliran udara 200 l/menit memiliki kemampuan yang lebih baik dari pada aliran udara 100 l/menit dalam menjaga stabilitas aliran arus listrik. Kejadian ini juga membuktikan bahwa penggunaan aliran udara 200 liter/menit belum mampu menghilangkan secara sempurna gas H_2 yang terbentuk dalam larutan selama proses elektrokoagulasi dijalankan sampai dengan 120 menit.

Pada proses elektrokoagulasi yang dipadu proses aerasi dengan debit aliran udara 300 liter/menit, menunjukkan bahwa ada peningkatan perbaikan terhadap stabilitas arus listrik dibandingkan dengan proses aerasi yang menggunakan aliran udara 200 liter/menit atau 100 liter/menit. Pada penggunaan debit aliran udara 300 liter/menit stabilitas arus listrik 0,37 A dapat terjaga sampai waktu proses berlangsung 120 menit. Sedangkan pada penggunaan debit aliran udara 100 liter/menit proses hanya mampu menjaga stabilitas arus listrik 0,37 A selama 60 menit dan pada penggunaan debit aliran udara 200 L/menit proses juga hanya mampu menjaga stabilitas arus listrik 0,37 A selama 90 menit saja. Hal ini membuktikan bahwa aliran udara 300 liter/menit adalah yang paling baik dalam menjaga stabilitas arus listrik, selama proses berlangsung sampai dengan 120 menit. Peristiwa ini dapat dijelaskan bahwa aliran udara 300 liter/menit yang dijalankan selama 120 menit sudah mampu menghilangkan atau mengusir seluruh gas H_2 yang terbentuk dalam badan air dan permukaan katoda.

B. Hasil penelitian pengaruh perubahan aliran udara terhadap penurunan warna air gambut

Hasil penelitian pengaruh perubahan aliran udara terhadap penurunan warna air gambut arus listrik dapat dilihat pada Tabel III. Berdasarkan Tabel III dapat dijelaskan, bahwa pengaruh perubahan aliran udara pada proses elektrokoagulasi yang dipadu dengan aerasi dapat memberikan pengaruh pada penurunan konsentrasi warna air gambut. Sebagai salah satu contoh adalah ketika proses berjalan 30 menit, tanpa aliran udara didapat konsentrasi warna air gambut 540 mg/L. Akan tetapi dengan waktu yang sama terjadi penurunan konsentrasi warna air berturut-turut menjadi 536 mg/L pada penggunaan aliran udara 100 liter/menit, 422 mg/l pada penggunaan aliran udara 200 liter/menit dan 402mg/L pada penggunaan aliran udara 300 liter/menit.

Pada proses elektrokoagulasi yang tidak disertai dengan aerasi selama 120 menit, nampak bahwa

penurunan konsentrasi warna air berjalan paling lambat dibandingkan dengan proses elektrokoagulasi yang disertai dengan aerasi. Hal ini disebabkan oleh terjadinya penurunan arus listrik yang sangat drastis ketika proses elektrokoagulasi dijalankan tanpa

TABEL III. HASIL PENGUKURAN PERUBAHAN WARANA AIR

Wkt. men.	Aliran udara 0 L/men.	Aliran udara 100 L/men.	Aliran udara 200 L/men.	Aliran udara 300 L/men.
	Warna air, mg/L	Warna air, mg/L	Warna air, mg/L	Warna air, mg/L
0	756	756	756	756
10	700	687	635	602
20	630	618	574	520
30	540	536	432	402
40	536	422	320	301
50	524	367	260	241
60	502	248	212	130
70	486	237	160	97
80	470	216	102	52
90	456	196	64	12
100	437	164	57	1
110	421	152	42	ttd
120	402	142	21	ttd

ttd: tidak terdeteksi

bantuan aerasi. Dalam hal ini arus menurun dari 0,37 A menjadi 0,14 A atau setara dengan 62,16 %. Pada saat arus listrik menurun akan menyebabkan terjadinya penurunan koagulan $Al(OH)_3$. Akibat selanjutnya akan menyebabkan penurunan kemampuan adsorpsi zat warna yang terkandung dalam air gambut oleh $Al(OH)_3$. Dengan demikian proses penghilangan konsentrasi zat warna yang terdapat dalam air gambut menjadi semakin lambat atau semakin melemah. Proses penurunan konsentrasi warna air gambut yang paling cepat ditemukan pada penggunaan aliran udara 300 liter/menit dengan waktu proses sampai 120 menit. Dalam hal ini konsentrasi warna berubah dari 756 mg/L menjadi konsentrasi yang sudah tidak bisa diukur lagi (ttd) dengan Spektrofotometri UV-Visible.

Pada proses elektrokoagulasi selama 120 menit yang disertai dengan aliran udara 100 liter/menit dan 200 liter/menit belum mampu menghasilkan air dengan konsentrasi warna 15 mg/L atau kurang dari 15 mg/L. Karena menurut peraturan Menteri Kesehatan RI No 492/Menkes/Per/IV/2010 disebutkan bahwa air yang layak untuk air minum harus memiliki kandungan warna maksimum 15 mg/L. Dengan demikian proses aerasi dengan aliran udara 100 liter/menit dan 200 liter/menit belum layak direkomendasikan untuk pengolahan air gambut menjadi air layak minum yang dilakukan secara elektrokoagulasi dan aerasi.

Pada proses elektrokoagulasi selama 90 menit yang disertai dengan aliran udara 300 liter/menit dapat dihasilkan air dengan konsentrasi warna 12 mg/L atau kurang dari 15 mg/L. Peraturan Menteri Kesehatan RI No

492/Menkes/Per/IV/2010 menyebutkan bahwa air yang layak untuk air minum harus memiliki kandungan warna maksimum 15 mg/L. Dengan demikian proses elektrokoagulasi yang dibantu dengan aliran udara 300 liter/menit cukup layak direkomendasikan untuk mengolah air gambut menjadi air yang layak untuk air minum.

Dari sisi stabilitas arus listrik yang selalu terjaga 0,37 A dan konsentrasi warna air yang kurang dari 15 mg/L, maka sangat relevan kalau proses elektrokoagulasi yang dipadu dengan aerasi dijalankan pada tegangan 12 V dengan aliran udara 300 liter/ menit dan waktu proses minimum 90 menit, direkomendasikan sebagai salah satu pilihan untuk memproses air gambut menjadi air yang layak untuk minum..

IV. KESIMPULAN

Pengolahan air gambut menjadi air layak minum dapat dilakukan dengan proses elektrokagulasi yang dipadu dengan aerasi. Proses aerasi yang dijalankan dengan aliran udara 300 liter/menit pada proses elektrokoagulasi mampu mempertahankan stabilitas arus listrik 0,37 A selama 120 menit. Pada saat proses mencapai 90 menit telah terjadi penurunan konsentrasi warna air gambut dari 756 mg/L menjadi 12 mg/L atau setara dengan 98,451%.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada DP2M-DIKTI yang telah memberikan dana penelitian Hibah Bersaing tahun pertama 2015

IV. REFERENSI

1. L. Endahwati dan Suprihatin, "Kombinasi Proses Aerasi, Adsorpsi dan Filtrasi pada Pengolahan Air Limbah Industri Perikanan", Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan, vol 1, no 2, hlm. 79-83, 2010
2. M.M.S.GEiband, K.C.D.A.Trindade, K.Gama, J.V.D.M. elo, C.A.M Huitle and S. Ferro, "Elimination of Pb^{2+} Through Electrocoagulation Applicability of Adsorptive Stripping Voltammetry for Monitoring The Lead Concentration During its Elimination," Journal of Electroanalytical Chemistry, vol 1 no 1, pp. 1-8, 2014
3. D. Suherman, N. Sumawijaya, "Menghilangkan Warna dan Zat Organik Air Gambut dengan Metode Koagulasi- Flokulasi Suasana Basa," Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan, vol 23, no 2, hlm., 125-137, 2013.
4. T. Karichappan, S. Venkatachalam and P.M. Jeganathan, "Optimisation of Electrocoagulation Process to Treat Grey Waste water in Batch Mode using Response Surface Methodology,"

- Journal of Environmental Health Science and Engineering, vol 12, no 29, pp.1-8, 2014.
5. M. Bayramoglu, M. Eyvaz, M. Kobyas and E. Senturk, "Technical and Economic Analysis of Electrocoagulation for the Treatment of Poultry Slaughterhouse Wastewater, Separation and Purification Technology," vol 51, no 1, pp.404, 2006.
 6. [6] W. Widayat dan N.I. Said, "Pengolahan Air Gambut Secara Kontinyu, Jurnal Teknik Lingkungan, vol 2, no 3, pp. 214-222, 2001.

Studi Kasus Tahanan Isolasi Rendah Pada Generator Tipe Stator Cooling Water

Sujadi
(UJH) Unit Jasa Pemeliharaan
PT. Indonesia Power
Jakarta, Indonesia
sujadi@indonesiapower.co.id

Indra Jaya
(UJH) Unit Jasa Pemeliharaan
PT. Indonesia Power
Jakarta, Indonesia
indra.jaya@indonesiapower.co.id

Edo Angga Radita
(UJH) Unit Jasa Pemeliharaan
PT. Indonesia Power
Jakarta, Indonesia
edo.angga@indonesiapower.co.id

Mukhammat Sukirno
(UJH) Unit Jasa Pemeliharaan
PT. Indonesia Power
Jakarta, Indonesia
sukirno2@indonesiapower.co.id

Abstrak—Untuk memenuhi pasokan kebutuhan energi listrik di Indonesia, pemerintah telah serius untuk melaksanakan program FTP (*Fast Track Program*) tahap I dengan total daya pembangunan mesin pembangkit listrik sebesar 10 GigaWatt. Pada FTP tahap I ini dibarengi pula dengan teknologi mesin pembangkit energi listrik terbaru. Hal ini tentunya harus didukung dengan kompetensi dari bidang pemeliharaan pembangkit dalam memelihara teknologi terbaru tersebut. Pada tanggal 26 Maret 2014 di salah satu pembangkit FTP tahap 1 terjadi gangguan *earth fault generator*. Generator yang mengalami gangguan ini merupakan generator dengan tipe pendingin teknologi terbaru dengan model *stator cooling water*. Diperlukan analisa dan penanganan khusus untuk memperbaiki permasalahan tersebut.

Kata kunci : *FTP1; earth fault generator ;stator cooling water*

I. LATAR BELAKANG

Terjadi gangguan exciter dan unit trip pada tanggal 26 Maret 2014 pada salah satu pembangkit FTP 1 , beban sebelum gangguan 214 MW . Pada pukul 3:21 WIB excitasi mulai hunting dengan alarm *earth fault generator* dan pada pukul 4:08 wib Generator menunjuk angka 0 MW namun speed turbine masih 3000 rpm dan 41E masih posisi close walaupun 41E sudah dicoba diopen dari control room, akibat gangguan ini menyebabkan exciter mengalami kerusakan. Pada pukul 4:13 wib, sesuai laporan logbook P3B , CB5AB2 – gagal trip (phase R & S berhasil open) , phase T masih closed.

II. PERMASALAHAN YANG DIHADAPI

Setelah terjadi gangguan kemudian dilakukan pengukuran nilai tahanan isolasi stator generator pada setiap phase dimana diperoleh nilai yang relative rendah

jika dibandingkan terhadap standard internasional yang dipahami selama ini. Pengukuran nilai tahanan isolasi dilakukan dengan megger test dengan titik test point melalui lead bus stator generator sedangkan neutral point dilepas adalah :

TABEL 1. NILAI MEGGER PRA PERBAIKAN

Phase	29 April 2014	30 April 2014	1 Mei 2014	2 Mei 2014
Phase R (MΩ)	2,3	2,3	2,3	2,3
Phase S (MΩ)	2,3	2,5	3,5	3,5
Phase T (MΩ)	4	6	20	20

Sebagai referensi pengukuran untuk menentukan kondisi tahanan isolasi dapat dilihat sbb :

- Menurut manual book peralatan generator adalah :
 - nilai megger manifold tanpa terisi air dengan tegangan uji 1000 Vdc harus mempunyai nilai minimum 1 megaohm



Gambar 1. Manifold Stator Cooling Water

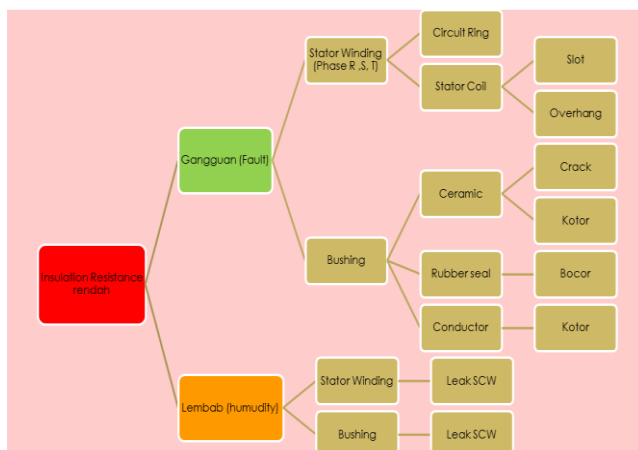
- b. jika stator bar terisi air akan memiliki nilai megger minimum 30 kilohm.
2. Nilai standard insulation resistance atau megger menurut IEEE Std 43 , minimum sebesar 100 megaohm.

III. ANALISA PERMASALAHAN

Nilai tahanan isolasi stator generator dipengaruhi oleh faktor : temperature, humidity dan kontaminasi. Dari ketiga faktor tersebut kemudian dipilih hal yang menjadi prioritas yaitu terjadinya humidity (lembab) pada stator. Kontaminasi dapat diabaikan sebab generator berpendingin hydrogen dimana kondisi stator dan rotor relative lebih bersih jika dibanding dengan generator berpendingin udara. Pada saat kondisi lembab maka nilai megger akan cenderung rendah atau dapat menjadi nol. Berbeda dengan generator pada umumnya, dimana stator generator ini bukan hanya berpendingin hydrogen namun pada statornya juga didinginkan oleh air atau *stator cooling water (SCW)*.

Melihat konstruksi belitan stator generator yang didinginkan oleh air merupakan suatu hal baru dan harus dipelajari bagi setiap teknisi atau engineer listrik (generator).

Sebelum melakukan beberapa tindakan maka berbagai potensi penyebab rendahnya nilai megger dibuat dalam suatu root cause sehingga lebih focus pada penyelesaian pencarian penyebab rendahnya nilai megger. Penentuan penyebab merupakan langkah awal memulai penyelesaian dan tindakan yang dilakukan dengan skala prioritas.



Gambar 2. Flowchart penyebab root cause analysis penyebab rendahnya nilai insulation resistance

Dari gambar 2 , penyebab nilai insulation resistance rendah dapat dibagi menjadi dua katagori yaitu :

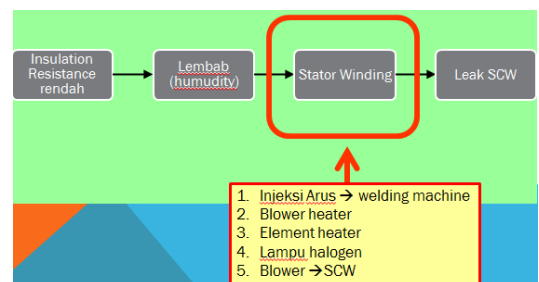
1. Gangguan (fault) → asumsi terjadinya kerusakan pada bagian generator .

2. Lembab (humudity) → asumsi terjadi akibat air pendingin stator winding.

Pekerjaan mencari gangguan yang paling sederhana dan mungkin dilakukan adalah disebabkan oleh lembab. Berbagai metode untuk menghilangkan lembab pada stator generator dikumpulkan dan diaplikasikan. Metode untuk menghilangkan lembab tersebut akan dibicarakan lebih detail pada point berikutnya Pelaksanaan Pengujian Stator.

A. Pelaksanaan Pengujian Stator

Dengan focus menghilangkan lembab dari stator, maka metode yang dapat digunakan adalah dengan cara pemanasan atau heating. Berbagai metode yang umum dilakukan untuk memanaskan stator generator atau pun peralatan listrik adalah dengan menggunakan berbagai tool yaitu lampu halogen, elemen heater, blower heater, DC Current (mesin las). Berbagai tools tersebut dapat diaplikasikan untuk proses pemanasan. Pelaksanaan pemanasan perlu memperhitungkan jumlah tools yang dibutuhkan untuk mendapatkan suhu yang diharapkan dan cara penempatan tools tersebut pada stator. Penempatan tools pemanas yang benar akan mempercepat proses pemanasan dan mencegah terjadinya kerusakan pada stator generator ataupun peralatan lain, kesalahan pemasangan memungkinkan juga terjadinya kebakaran. Perlu dilakukan monitor dan pencatatan setiap saat oleh teknisi untuk menghindari terjadinya kerusakan.



Gambar 3. Flowchart mengatasi lembab pada stator

Pemanasan stator generator dilakukan dengan mempergunakan seluruh tools yang dimaksud, dapat digunakan secara keseluruhan atau hanya sebagian sampai suhu pemanasan yang ditargetkan tercapai. Untuk mendapatkan temperature yang sesuai target, maka stator generator harus ditutup pada kedua sisinya , sisi turbine dan sisi exciter sehingga tidak ada panas yang terbuang dan udara luar tidak masuk ke dalam stator generator. Pencatatan suhu pada interval waktu tertentu harus dilakukan dengan baik, trending suhu pemanasan memberi informasi bahwa proses pemanasan telah sesuai atau perlu perbaikan (penambahan atau pengurangan heater).

TABEL 2. NILAI MEGGER PASCA PEMANASAN

Tanggal	Waktu	IR Test @ 2500 VDC									Keterangan
		R - GND			S - GND			T - GND			
		1 Menit	10 Menit	PI	1 Menit	10 Menit	PI	1 Menit	10 Menit	PI	
12 Juli 2014	08.20 WIB	1,91 GigaOhm	3,38 GigaOhm	1,76	2,25 GigaOhm	4,46 GigaOhm	1,98	2,37 GigaOhm	6,57 GigaOhm	2,77	
13 Juli 2014	10.00 WIB	3,31 GigaOhm	10,61 GigaOhm	3,23	3,22 GigaOhm	11,81 GigaOhm	3,67	3,70 GigaOhm	13,69 GigaOhm	3,70	
14 Juli 2014	14.00 WIB	3,46 GigaOhm	14,10 GigaOhm	4,08	4,07 GigaOhm	18,39 GigaOhm	4,54	4,13 GigaOhm	17,17 GigaOhm	4,16	
15 Juli 2014	14.00 WIB	3,09 GigaOhm	12,98 GigaOhm	4,20	3,13 GigaOhm	12,13 GigaOhm	3,88	3,40 GigaOhm	16,17 GigaOhm	4,79	



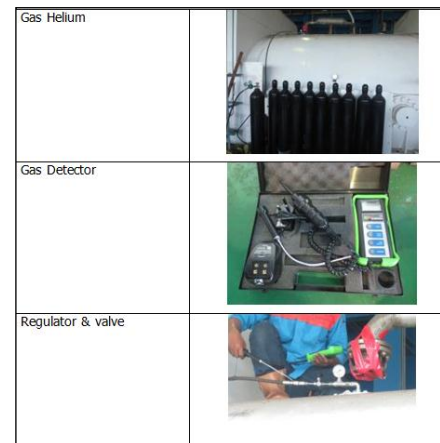
Gambar 4. Contoh tools untuk pemanasan stator



Gambar 5. Heating Stator Generator

Pemantauan suhu pada permukaan stator bore atau pun pada daerah overhang dengan mempergunakan infra red detector yang dioperasikan dari luar stator, sedangkan suhu antara bar coil dapat diukur melalui kenaikan nilai RTD . Pada proses pemanasan hal yang penting diperhatikan adalah suhu maximum yang diperbolehkan berdasarkan material isolasi dari stator generator. Suhu yang melebihi batas class isolasi dapat menyebabkan kerusakan isolasi stator atau pun bagian lain. Pemantauan dan pencatatan isolasi menjadi sangat penting dan harus dilaksanakan.

Pengukuran nilai tahanan isolasi atau megger dilakukan setelah proses pemanasan dan pendinginan selesai dilalui. Pengukuran megger yang dilakukan setelah suhu tercapai akan mendapatkan nilai kondisi stator dalam keadaan kering atau tidak lembab sebagaimana tujuan pemanasan pada root cause di awal.



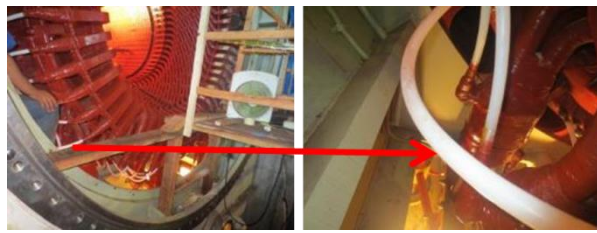
Gambar 6. Tools untuk leak test stator

Setelah proses leak test dinyatakan selesai, maka tim melakukan kembali pengujian tahanan isolasi atau megger pada stator generator. Nilai pembacaan megger yang diperoleh adalah :

- Phase R : 1,56 Megaohm
- Phase S : 2,9 Gigaohm
- Phase T : 2,73 Gigaohm

Nilai pembacaan megger terutama pada phase R turun menjadi orde Megaohm atau menjadi sangat rendah jika dibandingkan setelah pemanasan stator dan sebelum dilakukan leak test. Setelah mempelajari konstruksi stator cooling water yang terdapat di generator, fasa R merupakan titik terendah dimana banyak air yang menggenang pada titik tersebut, maka dilakukan pengeringan air yang terdapat pada teflon hose dan mengambil sampel air untuk diperiksa spesifikasinya. Teflon hose dilepas secara perlahan terutama yang terdapat air di dalamnya. Dari hasil pengamatan selama proses leak test berlangsung terdapat sisa air pada stator

cooling water mengalir dan terkumpul pada teflon hose antara bar clip dan header (sisi bawah, over hang daerah exciter side).



Gambar 7. Sisa Air Di Teflon Hose setelah Leak Test

Dilakukan pengeringan air yang terdapat pada teflon hose dan mengambil sampel air untuk diperiksa spesifikasinya. Teflon hose dilepas secara perlahan terutama yang terdapat air di dalamnya. Sampel air yang diambil dari teflon hose diuji pada laboratorium. Hasil pemeriksaan sampel air mendapatkan nilai conductivity yang tidak sesuai standard manual book Manufaktur. Hasil uji laboratorium tersebut menjadi salah satu jawaban mengapa selama ini nilai megger pada generator selalu rendah. Dengan tingginya nilai conductivity yang tinggi kandungan air pendingin tersebut banyak mengandung mineral atau partikel yang bisa mengakibatkan air tersebut menjadi konduktor.

TABEL 3. HASIL UJI LABORATORIM STATOR COOLING WATER

PENGUJIAN	HASIL	STANDARD
PH	5,36	7 – 8
CONDUCTIVITY	38,5	$\leq 0,5 \sim 1,5 \mu$ s/sec
HARDNESS	2	$\leq 2 \mu$ gE/L

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari penjelasan di atas maka dapat disimpulkan bahwa penyebab rendah nilai megger pada stator generator disebabkan oleh kualitas air pada stator cooling water yang tidak sesuai spesifikasi.

B. Saran

Generator yang mengalami gangguan merupakan generator yang mempunyai pendingin “stator cooling water” dimana operasi generator dipengaruhi oleh kualitas air pendingin yang mengalir ke dalam stator. Generator tidak boleh dioperasikan tanpa stator cooling water sesuai yang tertera pada manual book. Perlu melakukan pemeriksaan kualitas air pada stator cooling water secara berkala untuk mencegah terjadinya gangguan pada stator generator di antaranya seperti :

1. *Conductivity* yg besar akan menyebabkan terjadinya flash over terutama pada teflon hose.
2. Kandungan *Copper* atau partikel yang besar akan menyebabkan permasalahan conductivity.
3. Nilai pH yang dipersyaratkan, hal ini berpengaruh terhadap korosi yang terjadi pada SCW system.

REFERENSI

1. “Installation Manual of Generator AQ25”, Manual Book Dong Fang
2. “Operation and Maintenance of Large Turbo-Generator”, Geoff Klempner & Isidor Kerszenbaum, IEEE, A John Wiley & Sons, Inc., Publication
3. “Understanding, Diagnosing, and Repairing Leaks in Water-Cooled Generator”, GE Power Systems GER-3751A, Joseph A Worden & Jorge M. Mundulas, Schenectady, NY.
4. “Stator Earth Fault in 200 MW Generator – A case study”; Mr. V. Veerapandi.
5. “Turbine Generator Stator Cooling and Vent Hoses”, Fluorocarbon Hose Limited, Excalibur Way, Northbank Industrial Park, Irlam, Manchester, M44 5DL, UK.

Disain Band Pass Filter (Bpf) Digital Dengan Metoda Window Untuk Memfilter Sinyal Pinger 37.5 Khz Yang Dipancarkan Dari Beacon Black Box Locator

Rustamaji¹⁾, Elan Djaelani²⁾

¹⁾ Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional (Itenas) Jl. P.H. H. Mustofa 23 Bandung –Indonesia
e-mail : rustamaji@itenas.ac.id rustamajisaja@gmail.com

²⁾ Pusat Penelitian Informatika LIPI Kampus LIPI Gd. 20 Lt. 3 Jl. Sangkuriang Bandung – Indonesia
e-mail : elan@informatika.lipi.go.id

Abstrak - *Black box* yang terdiri *cockpit voice recorder* (CVR) dan *flight data recorder* (FDR) dapat dideteksi lokasinya karena dilengkapi dengan “*Beacon Black Box Locator Acoustic 37.5 kHz*” atau “*Pingers*” yang memancarkan sinyal akustik 37.5 kHz. Untuk mendeteksi sinyal *pinger* yang mempunyai frekuensi sebesar 37.5 kHz, digunakan *sensor* berupa *hydrophone* yang dilengkapi dengan rangkaian *filter* yang berfungsi untuk memilah sinyal 37.5 kHz dari sinyal-sinyal lain yang tidak diinginkan. Rangkaian *filter* yang didisain adalah *band pass filter* (BPF) digital; direncanakan bekerja pada daerah frekuensi 35.5 kHz sampai dengan 39.5 kHz, dengan frekuensi tengah 37.5 kHz. Secara respons frekuensi, bentuknya sudah sesuai dengan yang direncanakan yaitu respons BPF.

Kata kunci : *Black box*, *pinger*, 37.5 kHz, *filter*. BPF.

I. PENDAHULUAN.

Pada insiden atau kecelakaan pesawat terbang di daratan maupun di lautan, petugas investigasi dari badan keselamatan penerbangan (dalam hal ini di Indonesia adalah KNKT – Komite Nasional Keselamatan Transportasi) akan berusaha untuk menemukan “*Black Box*” yang merupakan perlengkapan wajib yang harus ada pada setiap pesawat terbang komersial. *Black box* yang terdiri *cockpit voice recorder* (CVR) dan *flight data recorder* (FDR) dapat dideteksi lokasinya karena dilengkapi dengan “*Beacon Black Box Locator Acoustic 37.5 kHz*” atau “*Pingers*” yang memancarkan sinyal akustik 37.5 kHz.

Underwater locator beacon (ULB) atau *underwater acoustic beacon*, juga dikenal secara resmi sebagai *pinger*, adalah divais yang dipasang ke *aviation flight recorders* semacam *cockpit voice recorder* (CVR) dan *flight data recorder* (FDR). ULB juga kadang-kadang dibutuhkan untuk dipasang langsung ke badan pesawat terbang (*aircraft fuselage*). ULB akan aktif dipicu (*triggered*) oleh karena tercelup air (*water immersion*); kebanyakan memancarkan (*emit*) *ultrasonic* 10ms pulse setiap kali per second pada 37.5 kHz \pm 1kHz.

Untuk mendeteksi sinyal *pinger* yang mempunyai frekuensi sebesar 37.5 kHz, digunakan *sensor* berupa *hydrophone* yang dilengkapi dengan rangkaian *filter* yang berfungsi untuk memilah sinyal 37.5 kHz dari sinyal-sinyal lain yang tidak diinginkan. Kualitas rangkaian *filter* ini akan menentukan kemampuan pemilahan dari sinyal *pinger* yang akan dideteksi oleh *sensor*.

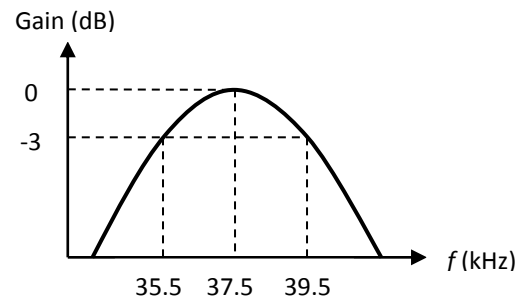
II. FILTER DIGITAL 37.5 KHZ.

Berdasarkan pada spesifikasi dari sinyal *pinger* yang umum digunakan oleh perangkat *Underwater locator beacon* (ULB) dari beberapa pabrikan :

- *Operating Frequency* : 37.5 kHz \pm 1 kHz .
- *Pulse Length* : Not less than 9 milliseconds (10 millisecond nominal).
- *Pulse Repetition Rate* : Not less than 0.9 pulse per second (1 pulse per second nominal).

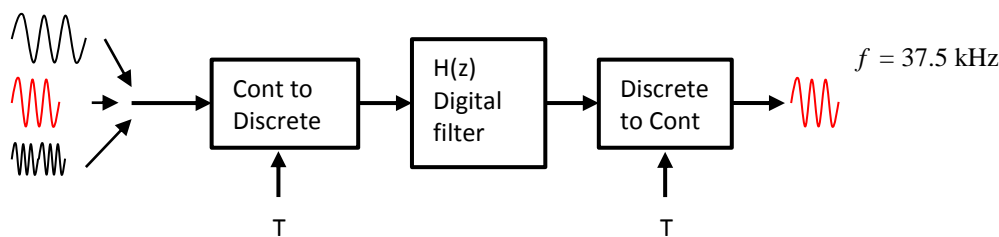
Rangkaian *filter* yang didisain adalah *band pass filter* (BPF) digital; direncanakan bekerja pada

daerah frekuensi 35.5 kHz sampai dengan 39.5 kHz, dengan frekuensi tengah 37.5 kHz seperti gambar 1.

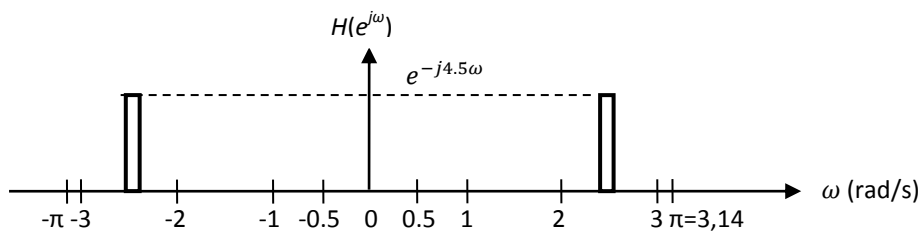


Gambar 1. Respons frekuensi dari disain BPF

III. PERHITUNGAN BPF DIGITAL.



Gambar 2. Diagram blok disain BPF digital



Gambar 3. Respons amplitudo $|H(e^{j\omega})|$ yang diinginkan antara -2π s/d $+2\pi$ rad

Sebelum melakukan realisasi rangkaian BPF digital, dilakukan perhitungan agar mendapatkan disain BPF digital sesuai yang diinginkan.

Disain BPF digital *finite impulse response* (FIR) yang akan digunakan untuk menyaring sinyal kontinyu sinusoida dengan frekuensi 37.5 kHz, batas frekuensi (*bandwidth*) sinyal diantara 35.5 kHz s/d 39.5 kHz atau *bandwidth* sebesar 4 kHz.

Disain BPF digital tersebut dengan metoda *window Blackman*, yang mempunyai panjang $N=10$.

Karena frekuensi sinyal yang akan difilter adalah 37.5 kHz, dan dipilih *sampling rate* yang digunakan 10^5 ksample/s.

konversi frekuensi ke frekuensi sudut dengan persamaan $\Omega = 2\pi f$

$$\Omega_1 = 2\pi f_1 = 2\pi \cdot 35.5 \times 10^3 = 223.053 \text{ krad/s}$$

$$\Omega_2 = 2\pi f_2 = 2\pi \cdot 39.5 \times 10^3 = 248.186 \text{ krad/s}$$

$$\Omega_0 = 2\pi f_0 = 2\pi \cdot 37.5 \times 10^3 = 235.620 \text{ krad/s}$$

Normalisasi frekuensi.

$$\omega = \Omega T \rightarrow T = 1/f = 10^{-5}$$

$$\omega_1 = \Omega_1 T = 223.053 \times 10^3 \cdot 10^{-5} = 2.23053 \text{ rad/s}$$

$$\omega_2 = \Omega_2 T = 248.186 \times 10^3 \cdot 10^{-5} = 2.48186 \text{ rad/s}$$

$$\omega_0 = \Omega_0 T = 235.620 \times 10^3 \cdot 10^{-5} = 2.35620 \text{ rad/s}$$

$$N = 10 \rightarrow \alpha = 4.5$$

$$H(e^{j\omega}) = e^{-j4.5\omega}$$

Respons frekuensi

$$H(e^{j\omega}) = e^{-j4.5\omega} \rightarrow H(e^{j\omega}) = |H(e^{j\omega})| \angle H(e^{j\omega})$$

Maka :

$$|H(e^{j\omega})| = 1 \quad 1 \text{ rad} \leq \omega_c \leq 2 \text{ rad}$$

$$\angle H(e^{j\omega}) = -4.5\omega$$

Jadi respons fasa yang diinginkan linier.

Mencari $h(n)$ bila diketahui $(e^{j\omega})$:

$$\begin{aligned} h(n) &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} H(e^{j\omega}) \cdot e^{j\omega n} d\omega \\ &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\omega_2}^{-\omega_1} e^{-j4.5\omega} \cdot e^{j\omega n} d\omega \\ &\quad + \frac{1}{2\pi} \int_{+\omega_1}^{+\omega_2} e^{-j4.5\omega} \cdot e^{j\omega n} d\omega \\ &= \frac{\sin \omega_2(n - 4.5)}{\pi(n - 4.5)} - \frac{\sin \omega_1(n - 4.5)}{\pi(n - 4.5)} \\ &= \frac{\sin 2.48186(n - 4.5)}{\pi(n - 4.5)} \\ &\quad - \frac{\sin 2.23053(n - 4.5)}{\pi(n - 4.5)} \end{aligned}$$

Menghitung $\hat{h}(n)$ bila diketahui $w(n)$:

$$\hat{h}(n) = h(n) \cdot w(n)$$

Window Blackman

$$\begin{aligned} w_{Bl}(n) &= \begin{cases} 0.42 - 0.5 \cos\left[\frac{2\pi n}{(N-1)}\right] + 0.08 \cos\left[\frac{4\pi n}{(N-1)}\right] & \text{untuk } 0 \leq n \leq N-1 \\ 0 & \text{untuk lainnya} \end{cases} \end{aligned}$$

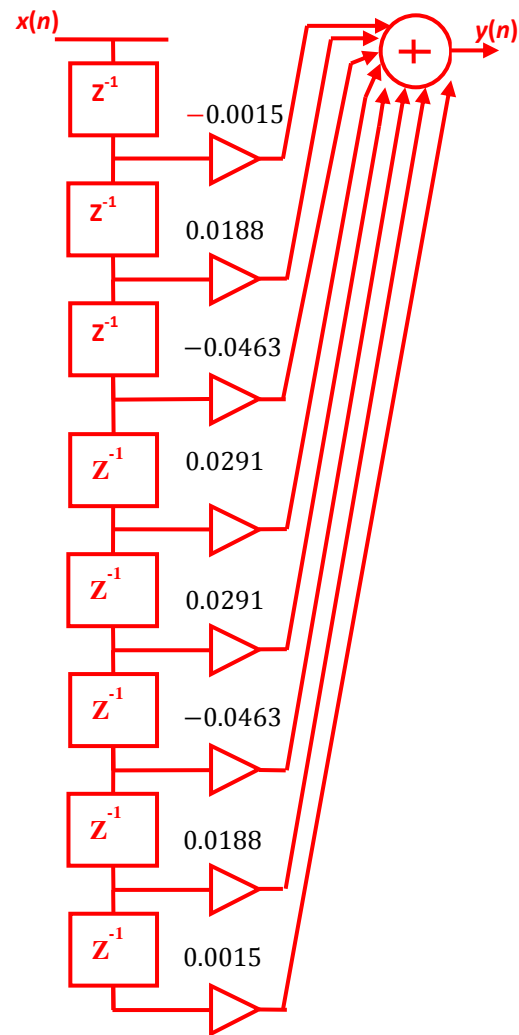
Karena $N = 10$

$$\begin{aligned} w_{Bl}(n) &= \begin{cases} 0.42 - 0.5 \cos\left[\frac{2\pi n}{9}\right] + 0.08 \cos\left[\frac{4\pi n}{9}\right] & \text{untuk } 0 \leq n \leq 9 \\ 0 & \text{untuk lainnya} \end{cases} \end{aligned}$$

Sehingga

$$\begin{aligned} \hat{h}_{Bl}(n) &= -0.0015\delta(n-1) + 0.0188\delta(n-2) \\ &\quad - 0.0463\delta(n-3) + 0.0291\delta(n-4) \\ &\quad + 0.0291\delta(n-5) - 0.0463\delta(n-6) \\ &\quad + 0.0188\delta(n-7) - 0.0015\delta(n-8) \end{aligned}$$

Diperoleh realisasi rangkaian BPF digital $\hat{h}_{Bl}(n)$ seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Realisasi BPF digital

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui respons frekuensi BPF digital yang diperoleh. Dengan cara menganalisis realisasi rangkaian BPF digital $\hat{h}_{Bl}(n)$ yang diperoleh.

Dari persamaan :

$$\begin{aligned} \hat{h}_{Bl}(n) &= -0.0015\delta(n-1) + 0.0188\delta(n-2) \\ &\quad - 0.0463\delta(n-3) + 0.0291\delta(n-4) \\ &\quad + 0.0291\delta(n-5) - 0.0463\delta(n-6) \\ &\quad + 0.0188\delta(n-7) - 0.0015\delta(n-8) \end{aligned}$$

Dengan transformasi fourier diperoleh :

$$\hat{H}_{Bl}(e^{j\omega}) = -0.0015e^{-j\omega} + 0.0188e^{-j2\omega}$$

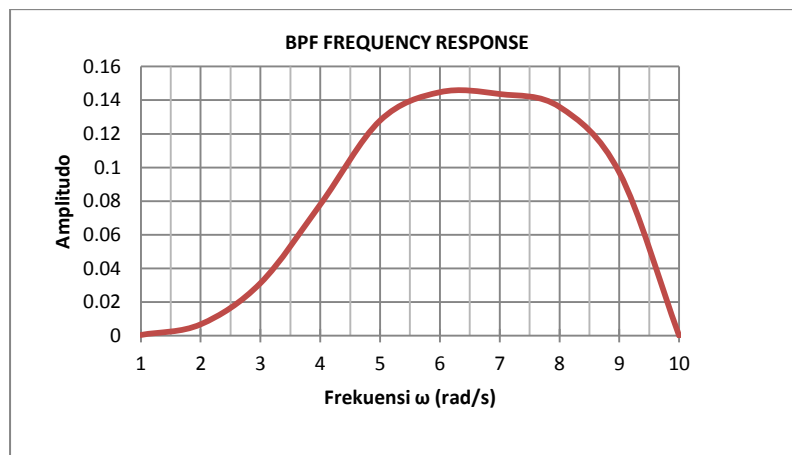
$$\begin{aligned} & -0.0463e^{-j3\omega} + 0.0291e^{-j4\omega} \\ & + 0.0291e^{-j5\omega} - 0.0463e^{-j6\omega} \\ & + 0.0188e^{-j7\omega} - 0.0015e^{-j8\omega} \\ \hat{H}_{Bl}(e^{j\omega}) = & e^{-j4.5\omega}(-0.0015e^{j3.5\omega} \\ & + 0.0188e^{j2.5\omega} - 0.0463e^{j1.5\omega} \\ & + 0.0291e^{j0.5\omega} + 0.0291e^{-j0.5\omega} \\ & - 0.0463e^{-j1.5\omega} + 0.0188e^{-j2.5\omega} \\ & - 0.0015e^{-j3.5\omega}) \\ \hat{H}_{Bl}(e^{j\omega}) = & e^{-j4.5\omega}(0.0582 \cos 0.5\omega \\ & - 0.0926 \cos 1.5\omega + 0.0376 \cos 2.5\omega \\ & - 0.003 \cos 3.5\omega) \\ |\hat{H}_{Bl}(e^{j\omega})| = & 0.0582 \cos 0.5\omega - 0.0926 \cos 1.5\omega \\ & + 0.0376 \cos 2.5\omega \\ & - 0.003 \cos 3.5\omega \end{aligned}$$

$$\angle \hat{H}_{Bl}(e^{j\omega}) = -4.5\omega$$

Besarnya nilai $|\hat{H}_{Bl}(e^{j\omega})|$ dapat ditabelkan pada tabel 1 dan diplot untuk nilai $\omega = 0$ sampai dengan $\omega = \pi$ rad/s seperti gambar 5.

TABEL 1. NILAI $|\hat{H}_{Bl}(e^{j\omega})|$

No	ω$	|\hat{H}_{Bl}(e^{j\omega})|$
0	0	0.0004
1	$\pi/8$	0.000415
2	$2\pi/8$	0.00677
3	$3\pi/8$	0.03127
4	$4\pi/8$	0.07798
5	$5\pi/8$	0.12791
6	2.23053	0.144759
7	$6\pi/8$ 2.356	0.14365
8	2.48186	0.136
9	$7\pi/8$	0.09704
10	$8\pi/8$	0



Gambar 5. Respons frekuensi BPF yang diperoleh

Dari gambar 5, respons frekuensi BPF yang diperoleh dapat diketahui bahwa :

Secara respons frekuensi, bentuknya sudah sesuai dengan yang direncanakan yaitu respons BPF.

Amplitudo maksimum = 0.147.

$f_0 = 37.5$ kHz atau $\omega_0 = 2.35620$ rad/s dengan amplitudo = 0.14365 atau 0.977 dari maksimum.

$f_1 = 35.5$ kHz atau $\omega_1 = 2.23053$ rad/s dengan amplitudo = 0.144759 atau 0.985 dari maksimum.

$f_2 = 39.5$ kHz atau $\omega_2 = 2.48186$ rad/s dengan amplitudo = 0.136 atau 0.925 dari maksimum.

Terlihat *bandwidth* dari BPF sedikit melebar dari yang direncanakan, yaitu dari 2.23053 rad/s sampai dengan 2.48186 rad/s, menjadi 1.77 rad/s sampai dengan 3.37 rad/s. Sehingga masih tetap

mampu memilah sinyal *pinger* 37.5 kHz atau 2.35620 rad/s.

Kondisi ini terjadi karena *window Blackman* yang digunakan hanya mempunyai panjang $N=10$. Untuk memperoleh *bandwidth* yang mendekati perencanaan maka *window Blackman* yang digunakan harus mempunyai panjang $N > 10$.

V. Kesimpulan

Dari hasil disain, pengujian dan analisis didapat beberapa kesimpulan yaitu :

1. *Filter* digital yang direncanakan, secara respons frekuensi bentuknya sudah sesuai dengan yang direncanakan yaitu respons BPF.
2. *Bandwidth* dari BPF digital sedikit melebar dari yang direncanakan dari 2.23053 rad/s

sampai dengan 2.48186 rad/s, menjadi 1.77 rad/s sampai dengan 3.37 rad/s.

3. *Window Blackman* yang digunakan minimal mempunyai panjang $N=10$.

REFERENSI

1. International Defense Review Magazine - Electronic Warfare.
2. Military Technology Magazine - Electronic in Defence.
3. "http://en.wikipedia.org/w/Underwater_locator_beacon"
4. "http://en.wikipedia.org/w/Towed_pinger_locator"
5. "[Towed Pinger Locator 25 Specifications](#)". Phoenix International.
6. "[Towed Pinger Locator 25 Fact File](#)". *US Navy Fact Files*. United States Navy. 22 November 2013. Retrieved 26 March 2014.
7. Knight, Matt (24 March 2014). "Navy prepares black box locator to search for missing Malaysia Airlines flight". *WTKR*. Retrieved 25 March 2014
8. [".Only days left before Malaysia airlines flight 370's black box dies | WDAY | Fargo, ND"](#). WDAY. 2014-03-30. Retrieved 2014-04-05.
9. <http://en.wikipedia.org/wiki/Radar>
10. *ELP-362D Emergency Locator Beacon User's Manual*. Teledyne Benthos. June 2011.
11. Doug Richardson - Electronic warfare.
12. Kelland, Nigel C. (November 2009). "[Deep-water Black Box Retrieval - November 2009, Volume 13, Number 09 - Archive](#)". Hydro International. Retrieved 19 March 2014.
13. Rustamaji, "Review Peperangan Elektronika (Electronic Warfare)", *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi LIPI* Vol.10 Nomor 1.
14. Ludeman. "Fundamental of Digital Signal Processing", PHI.
15. Oppenheim, "Digital Signal Processing", PHI.
16. Oppenheim, "Discrete Time Signal Processing", PHI.
17. Antonio, "Digital Filter", McGraw-Hill.

Analisis Sensor Kapasitif untuk Mendeteksi Kemiringan Kapal Laut

Elan Djaelani^{*)}

^{*)} Pusat Penelitian Informatika
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Bandung, Indonesia
elan@informatika.lipi.go.id

Nina Siti Aminah^{**)}

^{**)} Jurusan Fisika
Institut Teknologi Bandung
Bandung, Indonesia
nina@fi.itb.ac.id

Abstracts - Tilt level sensing system comprising a set of multiple capacitor elements in a fluid container arranged along an axis of measurement where each multiple capacitor element represents a discrete level increment in dielectric material fluid to be measured. The high cost associated with having multiple capacitors makes this approach impractical. Using LabVIEW, we designed a simulation of tilt level sensing system due to having tilt level sensing system using an effective amount of capacitor with minimal cost.

Keyword: Tilt, sensor, capacitor, simulation

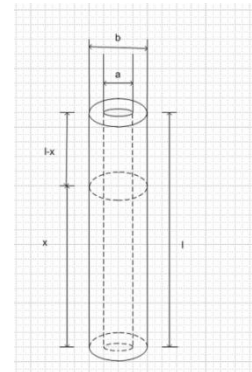
I. PENDAHULUAN

I.1. Kestabilan Kapal

Stabilitas kapal bergantung pada kesetimbangan kapal. Kesetimbangan kapal diperlukan untuk mengurangi resiko kecelakaan kapal yang mengakibatkan kapal terbalik atau miring. Stabilitas mengindikasikan bahwa saat kapal mendapatkan dari internal maupun external maka akan kembali keposisi kesetimbangannya. Gaya internal diakibatkan dari tata ruang letak barang bentuk dari ukuran kapal yang tidak sesuai dengan ukuran yang sebenarnya, kebocoran karena landas atau tubrukan dengan terumbu karang. Gaya eksternal yaitu dipengaruhi dari angin, ombak gelombang, arus air laut dan badai.

I.2. Kapasitor Selinder

Gambar 1 adalah bentuk dari kapasitor silinder



Gambar 1. Kapasitor silinder

Gambar diatas adalah contoh kapasitor berbentuk silindris dengan panjang l . Kapasitor ini terdiri dari 2 buah silinder dengan jari-jari b dan a .

Dari [5] kapasitansi kapasitor selinder adalah

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0 k l}{\ln b/a}$$

Dari ref [6].

Dari gambar 1, dapat dilihat ada 2 buah kapasitor selinder: kapasitor selinder dengan berisi bahan udara dan kapasitor selinder berisi bahan minyak.

Kita tentukan $a=0.01$ meter, $b=0.02$ meter.

Untuk kapasitor selinder dengan berisi bahan udara: $l_1 = 0.25m$, sedangkan $k_1 = 1$; $2\pi = 6,282$; $\epsilon_0 = 8.85E-12$ maka $C_1 = 20.0647$ pF.

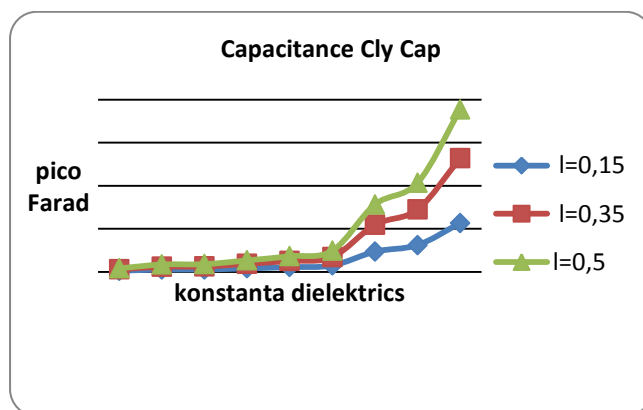
Untuk kapasitor selinder dengan berisi bahan minyak (glycerine): $k=47$; $l_2 = 0.25m$; sedangkan $k_2 = 47$; $2\pi = 6,282$; $\epsilon_0 = 8.85E-12$ maka $C_2 = 943,0496$ pF. Untuk menghitung C_{total} dengan menghitung gabungan C_1 dan C_2 secara seri. $C_{total} = 19,6466$ pF.

Untuk menghitung nilai capacitansi dapat mengisi table pada gambar 2. [6], merupakan kalkulator untuk menghitung kapasitansi kapasitor selinder.

For inside radius $a =$ m,
outside radius $b =$ m ,
and dielectric constant $k =$,
the capacitance per unit length is
 $C/L = F/m = \times 10^{\wedge} F/m =$ pF/m
For a length of $L =$ m the capacitance is
 $C = F = \times 10^{\wedge} F =$ pF

Gambar 2. Menghitung Capacitansi Silinder.

Gambar 3. adalah grafik nilai kapasitansi kapasitor silinder untuk l =panjang kapasitor silinder yang berbeda dan berisi bahan yang berbeda. Panjang kapasitor silinder $l=0,5$ m; $l=0,35$ m dan $l=0,15$ dan berisi bahan :udara, beberapa jenis minyak.



Gambar 3. Grafik nilai kapasitansi kapasitor silinder untuk panjang kapasitor silinder(l) berbeda, dan berisi bahan berbeda.

II. METODOLOGI

II.1.TEORI /BASIC CONCEPT SENSOR KAPASITIP

Latar belakang dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sensor kapasitip pada penggunaan bidang industri dan transportasi. Sensor kapasitip mengubah posisi atau sifat sifat dielectrics bahan kesinyal listrik [4]. Sensor kapasitip direalisasikan dengan perubahan salah satu dari tiga parameter dari kapasitor :jarak (d) luas dari plat kapasitip(A) dan konstanta dielectrics (ϵ_r).Oleh karenanya $C = f(d, A, \epsilon_r)$. Qu et al.[5] mengajukan patent untuk divais dan cara mengukur kapasitansi dan menentukan

level cairan. Sensor kapasitip ini menggunakan tipe kapasitor silinder.

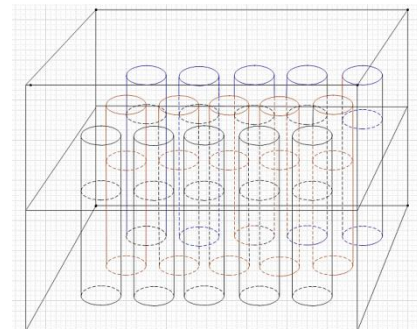
Tulisan mempunyai metode : Pertama adalah pendahuluan membahas kestabilan kapal dan kapasitor selinder.Kedua membahas Teori /basic concept sensor kapasitip. Ketiga membahas penelitian yang diusulkan.Keempat pembahasan langkah langkah simulasi.Kelima kesimpulan.Keenam daftar pustaka.

III. PENELITIAN YANG DIUSULKAN

Limabelas tabung coaxial yang panjang (dengan jari jari dalam a dan jari jari luar b)diletakkan secara vertical pada wadah yang berisi minyak (permitivitas ϵ_r dan densitas ρ).Tabung bagian dalam mempunyai potensial U,yang kedua adalah ground.Berapa ketinggian minyak yang naik diantara tabung tabung itu.

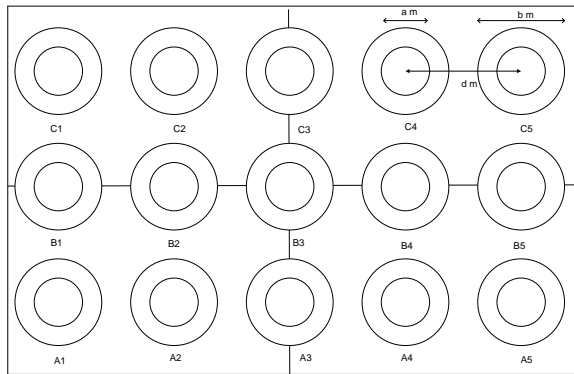
Kapasitor berbentuk silinder dengan panjang l dengan jari jari dalam a dan jari jari luar b diisi dengan dielektrik dengan relative permitivas ϵ_r mempunyai kapasitansi C.

Penelitian yang diusulkan adalah beberapa kapasitor silinder(multiple capacitor) pada suatu container yang berisi minyak.Akan dihitung (simulasi) dengan dibantu microsoft excell.Pada keadaan awal kontiner tegak,maka nilai kapasitansi akan sama, dengan asumsi semua dimensi kapasitor sama.Bagaimana kalau container dimiringkan contoh misalnya miring 4^0 apa yang terjadi dengan nilai kapasitansinya?Untuk memudahkan kita atur miringnya dibatas pada arah tertentu saja ,yaitu arah kedepan atau kebelakang dan arah kekiri atau kekanan.



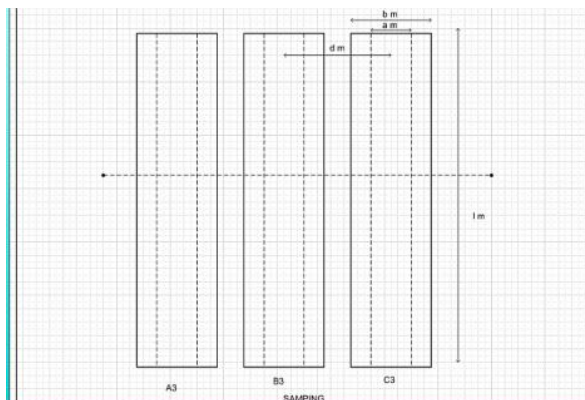
Gambar 4. Penelitian yang diusulkan adalah 15 buah kapasitor silinder pada container berisi minyak (permitivitas ϵ_r dan densitas ρ)

Tiap tabung adalah kapasitor berbentuk silinder seperti pada gambar 1.Kapasitor silinder tersebut mempunyai tinggi l m,diameter tabung bagian luar b m dan diameter tabung bagian dalam a m.Berada pada container yang berisi minyak setinggi x m.Untuk menjelaskan gambar 4 selanjutnya perhatikan gambar 5.

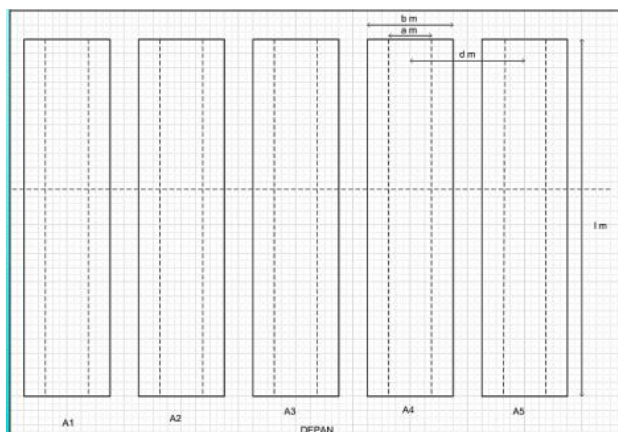


Gambar.5. Pandangan atas container berisi minyak lalu ada 15 tabung berada didalamnya.

Dari gambar 5 diatas memberikan keterangan tiap tabung diberi nama ,bagian depan A1,A2,A3,A4 dan A5,bagian tengah B1,B2,B3,B4 dan B5, bagian belakang C1,C2,C3,C4 dan C5.Jarak antar titik pusat dua tabung yang berdekatan adalah d m.

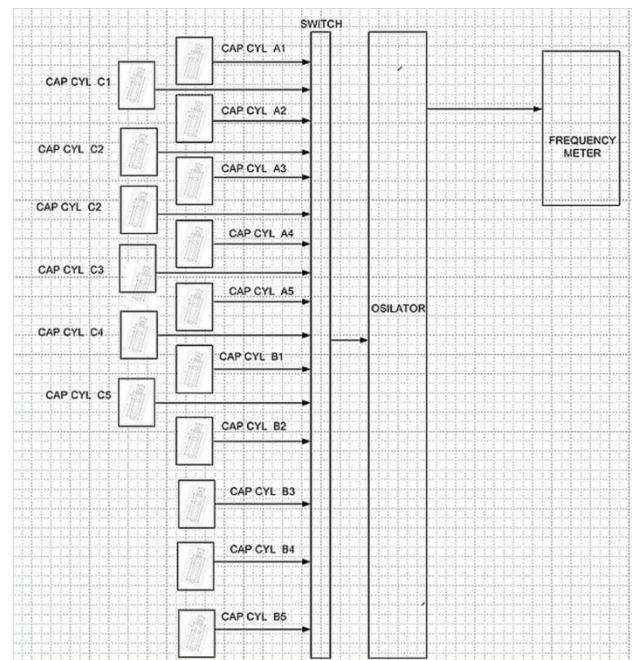


Gambar 6. Dilihat dari samping



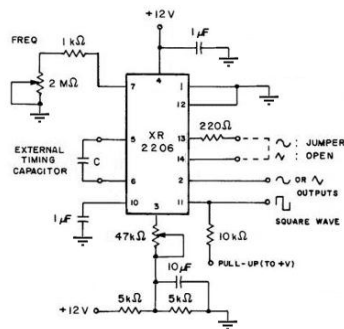
Gambar 7. Dilihat dari depan

Penelitian yang diusulkan adalah beberapa kapasitor silinder(multiple capacitor) pada suatu container yang berisi minyak.Akan dihitung (simulasi) dengan dibantu microsoft excell.Pada keadaan awal kontiner tegak,maka nilai capasitansi akan sama, dengan asumsi semua dimensi kapasitor sama.Bagaimana kalau container dimiringkan apa yang terjadi dengan nilai kapasitansinya?Untuk memudahkan kita atur miringnya dibatas pada arah tertentu saja ,yaitu arah kedepan atau kebelakang dan arah kekiri atau kekanan. Dengan menggunakan system switch selain osilator akan digunakan Frekometer,seperti pada gambar 7.



Gambar 8. Blok diagram system sensor

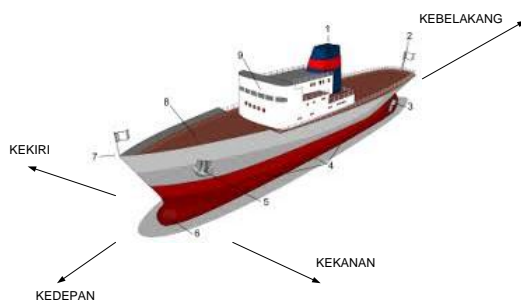
Dalam menghitung kapasitor dengan cara setiap kapasitor dapat disambung ke osilator secara bergantian seperti pada gambar 7.Frekuensi osilator ditentukan oleh kapasitor C (pin 5 dan pin 6) dan resistor R pin 7 dan pin 8.Pin5 dan pin 6 disambung ke kapasitor silinder. Potensio 2M Ohm serial $R=1K\Omega$ dari ground ke pin 7.Osilator akan bekerja antara 17 KHz sampai 2 MHz. Rangkaian osilator seperti gambar 8.



Gambar 9. Rangkaian osilator

IV. LANGKAH LANGKAH SIMULASI

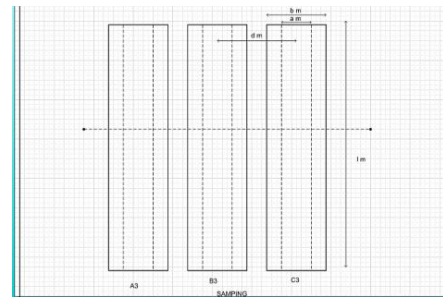
Pada gambar 8. Terlihat gambar sebuah kapal, jika ada gangguan internal atau external maka akan terjadi kemiringan kearah depan atau kearah belakang atau kearah samping kiri atau kearah samping kanan, bahkan merupakan kombinasi arah tersebut. Tetapi untuk memudahkan analisis kita batasi, untuk satu arah dari empat arah diatas.



Gambar 10. Skema kapal.

Selanjutnya akan diadakan pengukuran nilai kapasitansi pada beberapa kondisi:

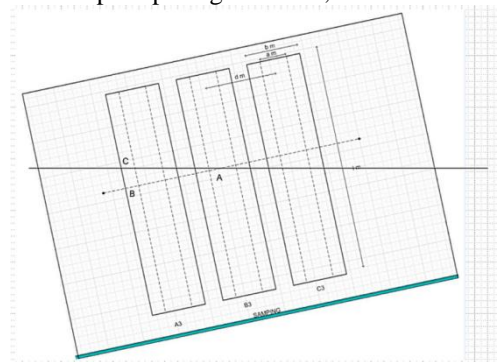
1. Sebagai contoh container dimiringkan beberapa derajat kedepan/kebawah, akan terjadi keseimbangan minyak membentuk bidang datar yang baru. Ada perubahan minyak merendam kapasitor silinder A3, B3 dan C3, Kapasitor silinder A3 terendam minyak lebih banyak dan akan dihitung nilai kapasitor A3. Pada saat container tegak.



Gambar 11. Kontainer tegak.

Pada waktu container dimiringkan kearah depan /kebawah beberapa derajat. Dengan mengatur system switch, kita dapat mengukur frek osilator pada frequency meter untuk kapasitor selinder A3. Didapat nilai frekuensi sebesar f_1 .

Dengan bantuan software excell, kita gunakan persamaan (2) ubah menaikan nilai C, dan akan dicapai nilai f_1 . Didapat nilai C tersebut sebutlah C_1 , kita gunakan persamaan (1) ubah/menaikan nilai x sehingga mencapai nilai C_1 . Ini merupakan nilai x (yang baru). Selisih x(lama) dan x (baru) adalah kenaikan level. Untuk capacitor silinder A3 seperti pada gambar 11, dibawah ini.



Gambar 12. Sudut miring kedepan/kebawah beberapa der Hitung kenaikan x. Selisih x(baru) - x(lama) pada gambar 9, adalah BC.

Pada gambar 9, ada sebuah segitiga ABC dan sudut A. $\tan sdt A = BC/AB$. BC didapat dan AB sudah ada, maka \tan sudut A dapat dihitung. Selanjutnya sudut A atau sudut kemiringan dapat dihitung.

Dengan cara yang sama didapatkan:

1. Container dimiringkan beberapa derajat kebelakang /kebawah, akan terjadi perubahan minyak merendam kapasitor selinder A3, B3 dan C3, dan kapasitor selinder C3 paling rendah seterusnya akan dihitung nilai kapasitor C3.

2. Container dimiringkan kearah samping kiri /kebawah, akan terjadi perubahan minyak merendam kapasitor selinder B1,B2,B3 ,B4 dan B5,Kapasitor selinder B1 paling rendah dan akan dihitung kapasitansi kapasitor B1.

Container dimiringkan kearah samping kanan /kebawah, akan terjadi perubahan minyak merendam kapasitor B1,B2,B3 ,B4 Gambar 10.Sudut miring kedepan /kebawah beberapa der

Hitung kenaikan x.Selisih x(baru)- x(lama) pada gambar 9, adalah BC.

Pada gambar 9,ada sebuah segitiga ABC dan sudut A.Tan sdt $A=BC/AB$.

BC didapat dan AB sudah ada, maka tan sudut A dapat dihitung.Selanjutnya sudut A atau sudut kemiringan dapat dihitung.

Dengan cara yang sama didapatkan:

1. Container dimiringkan beberapa derajat kebelakang /kebawah,akan terjadi perubahan minyak merendam kapasitor selinder A3,B3 dan C3 ,dan kapasitor selinder C3 paling rendah seterusnya akan dihitung nilai kapasitor C3.
2. Container dimiringkan kearah samping kiri /kebawah, akan terjadi perubahan minyak merendam kapasitor selinder B1,B2,B3 ,B4 dan B5,Kapasitor selinder B1 paling rendah dan akan dihitung kapasitansi kapasitor B1.

Container dimiringkan kearah samping kanan /kebawah, akan terjadi perubahan minyak merendam kapasitor B1,B2,B3 ,B4 dan B5 dan kapasitor selinder B5 paling rendah dan akan dihitung kapasitor B5.

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada gambar 7 terdapat blok diagram system sensor.Persamaan (1)dapat menghitung kapasitansi.

$$C = 2\pi\epsilon_0 \frac{(\epsilon_r - 1)x + l}{\ln(b/a)}$$

Pada waktu container tegak , $\pi=3,141593$

$$\epsilon_0 = 8.85E-12$$

$$\epsilon_r = 47$$

$$x=0,35 \quad l=0.5$$

$$b=0.02$$

$$a=0.01$$

$$C= 3,37 E-11.$$

$$\text{Persamaan (2)} \quad f = \frac{1}{RC}$$

R=resistor

C=kapasitansi kapasitor silinder.

Pada saat container dimiringkan kedepan/kebawah 8 der, kapasitansi kapasitor silinder A3 menghasilkan frekuensi osilator sebesar f1.Sesuai persamaan (2) maka frekuensi f1 tersebut terjadi pada nilai kapasitansi A3 tersebut C1.Dari persamaan(1) didapatkan x baru.Kenikan level x baru – x lama.Segitiga ABC dengan sudut B adalah 90 der,A berada pada titik pusat.AB diketahui,BC adalah kenaikan x.Sehingga sudut dapat dihitung.

Dengan cara yang sama dapat dihitung kapasitansi kapasitor selinder C3, kapasitansi kapasitor silinder A3, kapasitansi kapasitor B1, dan kapasitansi kapasitor B5.

VI. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada gambar 6 terdapat blok diagram system sensor.Persamaan (1)dapat menghitung kapasitansi.

$$C = 2\pi\epsilon_0 \frac{(\epsilon_r - 1)x + l}{\ln(b/a)}$$

Pada waktu container tegak , $\pi=3,141593$

$$\epsilon_0 = 8.85E-12$$

$$\epsilon_r = 47$$

$$x=0,35 \quad l=0.5$$

$$b=0.02$$

$$a=0.01$$

$$C= 3,37 E-11.$$

$$\text{Persamaan (2)} \quad f = \frac{1}{RC}$$

R=resistor

C=kapasitansi kapasitor silinder.

Pada saat container dimiringkan kedepan/kebawah 8 der, kapasitansi kapasitor silinder A3 menghasilkan frekuensi osilator sebesar f1.Sesuai persamaan (2) maka frekuensi f1 tersebut terjadi pada nilai kapasitansi A3 tersebut C1.Dari persamaan(1) didapatkan x baru.Kenikan level x baru – x lama.Segitiga ABC dengan sudut B adalah 90 der,A berada pada titik pusat. AB diketahui,BC adalah kenaikan x.Sehingga sudut dapat dihitung.

Dengan cara yang sama dapat dhitung kapasitansi kapasitor selinder C3, kapasitansi kapasitor selinder A3,kapasitansi kapasitor B1,d an kapasitansi kapasitor B5.

VII. CONCLUTION

Sistem sensor kemiringan kapal terdiri dari sebuah container berisi sensor kapasitor silinder array,osilator dan

frekuensi meter. Sistem sensor dapat mendeteksi kemiringan kearah depan, kearah belakang, kearah samping kiri dan kearah samping kanan. Untuk mendeteksi kemiringan kedepan dan kemiringan kebelakang ada serangkaian kapasitor selinder terdiri tiga kapasitor.

1. Kemiringan kearah depan dapat terjawab dengan mengukur kapasitor paling kiri.

2. Kemiringan kearah belakang dapat terjawab dengan mengukur kapasitor paling kanan. Untuk mendeteksi kemiringan kearah samping kiri dan kemiringan kearah samping kanan ada serangkaian kapasitor selinder terdiri lima kapasitor.

3. Kemiringan kearah samping kiri dapat terjawab dengan mengukur kapasitor paling kiri.

4. Kemiringan kearah samping kanan dapat terjawab dengan mengukur kapasitor paling kanan.

VIII. REFERENCE

1. <http://www.maritimworld.web.id/2013/11/pengetahuan-dabei-stabilitas-kapal.html>.
2. Serway, R.A., Jewett, J.W. (2004) Capacitance and dielectrics. In Physics for scientists and engineers (6th ed., pp 796-820), Scotland: Thomson.
3. XR-2206 Monolithic Function Generator.
4. Fischer-Cripps, A.C. (2002). Newnes interfacing companion. Oxford: Newnes.
5. Qu, W., Gamel, J.F., Mannebach, H., & Jirgal, L.M., (2003, October 16). Inventor; Hydac Electronic GmbH, assignee. Device and method for measuring capacitance and determining liquid level. Patent 7161361.
6. <http://physicstasks.eu/uloha.php?uloha=69{3}.Collection> of Solved Problem in Physics: Electricity and magnetism.
7. Visio 2007 Quick Reference Card
8. http://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Excel.

Rancangan Bangun Rotor Turbin Angin Hybrid Savonius Tipe U Empat Tingkat Dengan H-Darrieus

Ruzita Sumiati

Politeknik Negeri Padang
Padang, Indonesia
Ruzita.sumiati@gmail.com

Hanif

Politeknik Negeri Padang
Padang, Indonesia
Hanif.hamzah71@gmail.com

Abstrak — Energi angin adalah salah satu sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan dan selalu tersedia di alam. Salah satu alat yang bisa mengubah energi kinetik angin menjadi energi listrik adalah turbin angin savonius dengan cara meneruskan putaran rotor savonius ke generator sehingga menghasilkan listrik. Pada tulisan ini membahas tentang rancangan rotor turbin angin hybrid savonius tipe U 4 tingkat dengan H Darrieus yang digunakan sebagai pembangkit listrik untuk daerah yang mempunyai kecepatan angin rendah. Savonius adalah salah satu bentuk turbin angin yang mampu berputar pada kecepatan angin rendah sesuai dengan kondisi kecepatan angin Indonesia, diketahui savonius memiliki self starting yang baik pada kecepatan rendah. Tujuan yang hendak dicapai pada penelitian adalah meningkatkan performan turbin angin untuk menghasilkan energi listrik dengan penambahan bentuk sudu H Darrieus dan bilah membuka pada end plate rotor turbin angin. Metoda yang digunakan pada penelitian adalah metoda eksperimen yaitu membandingkan hasil pengujian antara savonius 4 tingkat dengan penambahan sudu H dan end plate bilah membuka. Dari hasil pengujian didapat nilai C_p untuk turbin angin Hybrid antara savonius dengan H-darrieus lebih tinggi dibandingkan savonius saja yaitu Hybrid = 0.157 dan savonius = 0.192. Self starting rotor meningkat dengan penambahan end plate bagian atas dengan bukaan bilah. Rotor mulai berputar pada kecepatan 1,3m/s. Daya mekanik rotor pada kecepatan angin 4,5m/s adalah 8.214 watt

Keyword — Savonius, H-Darrieus, renewable energy

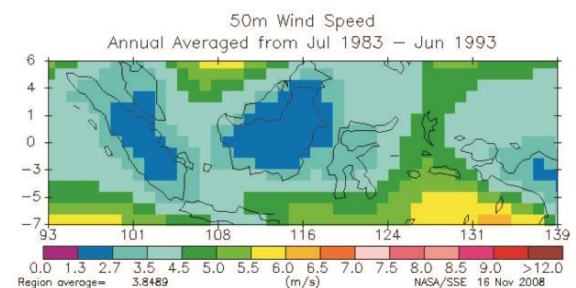
I. PENDAHULUAN

Tingkat kebutuhan energi listrik semakin hari semakin meningkat seiring dengan makin modernnya gaya hidup masyarakat saat ini. Sumber energi listrik yang digunakan umumnya berasal dari energi fosil yang memiliki sifat non renewable yang lama kelamaan akan habis. CO₂ hasil sisa pembakaran energi fosil juga menyebabkan pencemaran udara. Dimana komposisi kimia lapisan udara menjadi berubah, akibatnya terbentuk efek rumah kaca yang memberikan kontribusi pada peningkatan suhu bumi. Oleh

karena itu penelitian tentang renewable energi banyak dilakukan untuk mencari sumber energi baru yang lebih ramah lingkungan dan tidak pernah habis sepanjang masa.

Salah satu sumber energi terbarukan adalah energi angin. Energi angin merupakan salah satu sumber daya yang berlimpah, ramah lingkungan dan bersifat renewable, untuk itu berpotensi untuk dikembangkan. Mendapatkan energi listrik dari energi angin dibutuhkan sebuah alat yang disebut turbin angin. Prinsip kerja dari turbin angin adalah mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanis pada turbine, sehingga dapat menggerakkan poros dan memutar generator yang akan menghasilkan listrik.

Indonesia adalah salah satu negara yang memiliki kecepatan angin rendah berkisar antara 2-5 m/s. Berikut peta kecepatan angin di Indonesia:



Gambar 1. Peta kecepatan angin Indonesia

Jenis turbin angin yang sesuai untuk kecepatan angin rendah adalah jenis vertical axis wind turbine (VAWT) karena memiliki self starting yang baik pada kecepatan angin rendah. Jenis VAWT adalah savonius dan darrieus. Penelitian tentang savonius rotor telah banyak dilakukan sejak tahun 1977 sampai 2015 hal itu dilakukan untuk mendapatkan parameter yang optimum untuk rotor savonius sehingga memiliki performance yang baik. Berikut ini beberapa penelitian yang telah dilakukan adalah hybrid VAWT darrieus yang dipasangkan antara 2 tingkat savonius turbine memiliki self starting dan efisiensi

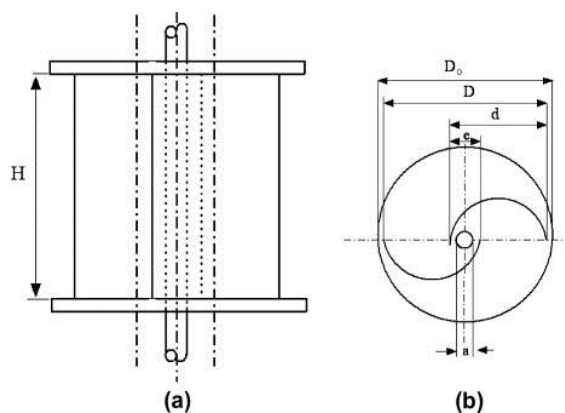
yang baik pada kecepatan angin rendah [5,]. Hybrid savonius dan darrieus, gabungan kedua bentuk rotor akan memiliki self starting yang lebih baik, lebih stabil dan menyerap lebih banyak tenaga angin [8]. Efek end plate pada rotor savonius memberikan peningkatan pada mekanikal power rotor, begitu juga dengan overlap pada konstruksi savonius akan memberikan efek pada peningkatan energy mekanik dan savonius 2 tingkat memberikan nilai spesifik power lebih tinggi dibanding savonius satu tingkat pada dimensi yang sama [6,9]. Rotor savonius yang memiliki end plate memiliki efisiensi lebih tinggi dibandingkan dengan rotor tanpa end plate [6]. Karakteristik aerodinamik yang di uji terhadap 15 bentuk geometri savonius rotor menghasilkan savonius 2 sudu memiliki koefisien torsi static yang lebih baik dibanding dengan tiga sudu. Omni direction guide vane dapat meningkatkan keluaran energy dari VAWT dan disain ini disarankan untuk digunakan di area perkotaan [2].

Berdasarkan latar belakang diatas maka penelitian ini difokuskan pada peningkatan performance turbin angin savonius dengan cara membuat disain rotor savonius 2 sudu 4 tingkat dengan tambahan sudu darrieus dan bukaan pada end plate atas.

Performace sebuah turbin angin savonius dapat dilihat dari coefficient of performance (C_p), Overlap ratio (β) dan Tip Speed Rasio, TSR (λ). Secara teoritis nilai C_p sebuah turbin angin savonius dihasilkan dari rasio antara energy mekanik rotor terhadap energy aerodinamik angin. Energi yang dihasilkan oleh rotor akibat aerodinamik angin yang menerpa rotor secara matematik dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Power}, P_t = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3 \quad (1)$$

Dimana v adalah nilai kecepatan angin yang menerpa rotor [m/s], A (swept area) adalah luas bentangan rotor yang terkena energy angin. $A = D \times H$ [m²]. Konstruksi sederhana sebuah rotor savonius disajikan pada gambar dibawah ini :



Gambar.2. Scheme of a single-step Savonius rotor. (a) Front view; (b) top view (conventional Savonius rotor: $e'=0$) [6]

Hubungan antara beberapa parameter dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\text{Tip Speed Rasio } (\lambda) = \frac{\omega \cdot R}{v} \quad (2)$$

$$\text{Aspect rasio}, \alpha = \frac{\text{Tinggi Rotor } [H]}{\text{Diameter Rotor } [D]} \quad (3)$$

$$\text{Overlap ratio}, \beta = \frac{\text{overlap } [e] - \text{Diameter shaft } [a]}{\text{Diameter Rotor } [D]} \quad (4)$$

Dari hasil pengukuran dalam pengujian alat nilai dari torsi dan kecepatan rotor dapat diketahui sehingga energy mekanik rotor dapat dihitung dengan persamaan berikut:

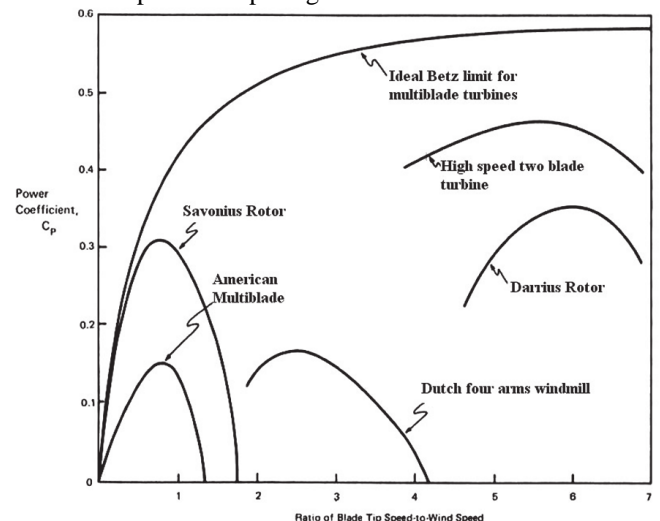
$$\text{Energi mekanik}, P_m = \omega \cdot T \text{ [watt]} \quad (5)$$

Dimana ω adalah kecepatan sudut rotor [rad/s], kecepatan sudut dapat dicari melalui persamaan $\omega = 2\pi N/60$. N adalah kecepatan rotor [rpm]. T adalah torsi yang dihasilkan oleh rotor [N-m].

Jadi dari persamaan diatas dapat didefinisikan nilai C_p secara matematik sebagai berikut:

$$\text{Coefficient of power}, C_p = \frac{\text{Energi Mekanik Rotor } [P_m]}{\text{Power } [P_t]} \quad (6)$$

Persamaan diatas digunakan untuk menghitung nilai C_p berdasarkan pengujian eksperimental pada rotor savonius. Secara teoritis hubungan nilai C_p (coefficient of performance) dan tip speed rasio (TSR) untuk rotor savonius dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3. Hubungan Coeffisient of performance dan tip speed rasio[3]

Dari grafik diatas untuk turbin angin savonius memiliki nilai C_p yang rendah yaitu kira-kira 0.3 sementara ideal C_p adalah 0.5929. Menurut teori betz's [1] maksimum energy yang dihasilkan oleh angin terhadap putaran rotor idealnya adalah 59.29%. Sementara menurut grafik 2 savonius memiliki nilai C_p maksimum 30%. Sehingga nilai energy dapat ditulis dengan persamaan berikut:

$$Power = C_p \cdot C_b \cdot \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3 \quad (7)$$

Dimana $C_p = 0,2$ (nilai maksimum C_p savonius secara teoritis). $C_b = 0.5929$ (nilai ideal C_p menurut teori Betz's)

Parameter End plate juga penting karena rotor savonius dengan end plate memiliki efisiensi yang lebih baik dibanding dengan rotor yang dilengkapi dengan end plate [mahmod]. Nilai tertinggi dari C_p diperoleh saat jari-jari end plate senilai sekitar 10% dari jari-jari rotor.

$$R_0 = 1,1 R \quad (8)$$

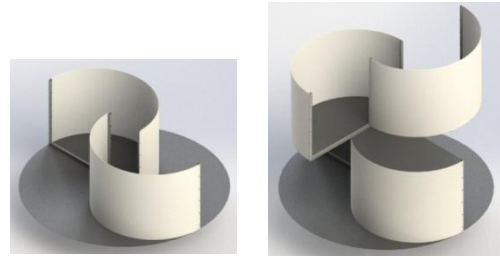
II. KONSTRUKSI DISAIN

Disain turbin angin savonius dua sudu empat tingkat tanpa memberi shaft antara 2 sudu dan tambahan darrieus rotor. Pada rotor ditambahkan end plate dengan nilai 1,1 rotor diameter. Pada bagian atas end plate ditambahkan sudu miring. Desain savonius dipilih karena turbin yang akan dibuat akan digunakan atau diteliti pada daerah yang mempunyai kecepatan angin yang rendah. Desain sudu yang akan dibuat yaitu menyerupai U



Gambar 4. Desain Rotor Turbin Savonius

Bentuk sudu savonius per tingkat sebagai berikut:

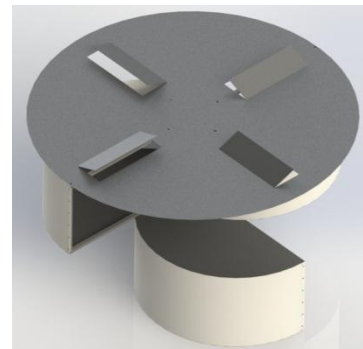


Gambar 5. Bentuk sudu per tingkat



Gambar 6. Bilah sudu H-darrieus

Disain end plate bagian atas dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 7. End plate bagian atas bilah terbuka

Untuk pengujian akan divariasikan end plate bilah terbuka dan tanpa bilah terbuka. Pada bagian atas diberikan bilah terbuka untuk mendapatkan tekanan angin yang lebih maksimal.

Konstruksi bagian bawah generator dilengkapi dengan sabuk dan puli sebagai penerus daya ke generator. Diameter pulley digenerator lebih kecil dibanding pada shaft rotor agar diperoleh putaran pada generator lebih tinggi. Gambar rangka bawah sebagai berikut:



Gambar 8. Disain rangka bawah dan sistem transmisi

Berikut tabel parameter hasil disain

TABEL 1. PARAMETER DISAIN

Parameter	Nilai
Luas Bentangan (A)	1.8962 m ²
Bentuk Sudu Savonius	Setengah lingkaran
Bentuk Sudu Tambahan	H -Darrieus
Jumlah tingkat	4
Overlap ratio (β)	0,2
Aspek ratio (α)	1,7
End Plate rasio	1,1
Jumlah sudu savonius	2
Bahan sudu	Plat aluminium

Estimasi Energi dari disain turbin

Menggunakan persamaan 2 dapat dihitung energy yang dihasilkan oleh kecepatan angin yang menerpa bentangan rotor. Kecepatan angin yang digunakan adalah pada kecepatan 4m/s dan density udara =1.225 kg/m³

$$\begin{aligned}
 \text{Power, } P_t &= \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3 \\
 &= \frac{1}{2} * 1.225 * 1.8962 * 4^3 \\
 &= 74.3310 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

Menurut betz's teori maksimum energy ideal yang dihasilkan oleh rotor adalah 59,29%.

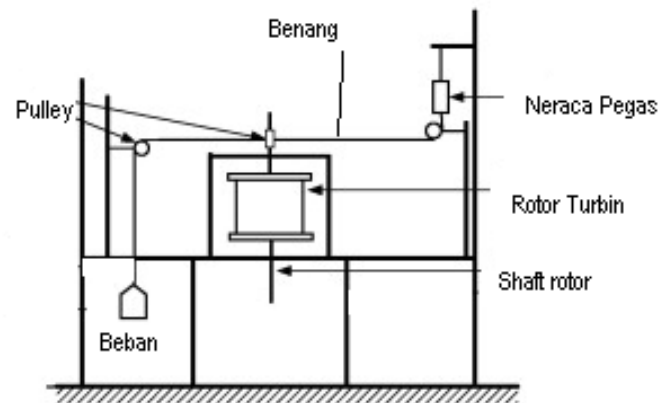
$$\text{Power} = 74.3310 \times 0,5929 = 44,07 \text{ watt}$$

Menurut grafik 2 maksimum energy yang dihasilkan oleh turbin angin savonius adalah 30%.

$$\text{Power} = 44,07 \times 0,3 = 13,22 \text{ watt}$$

III. METODA PENGUJIAN

Pengujian turbin angin dilakukan dengan mengukur energy mekanik yang dihasilkan oleh rotor dengan cara mengukur torsi yang dihasilkan oleh shaft rotor. Skema pengujian alat diilustrasikan sebagai berikut.



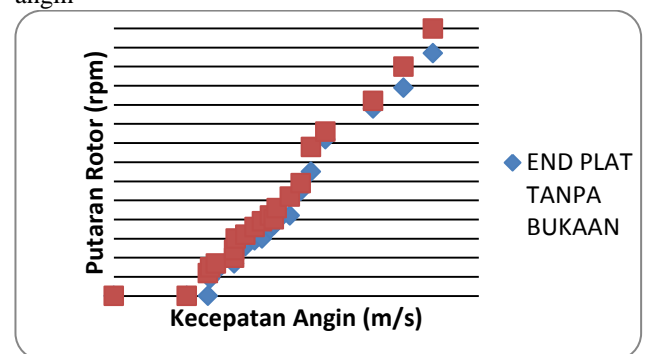
Gambar 9 . Skema pengujian torsi rotor turbin [7]

Alat yang digunakan untuk mengukur parameter saat pengujian rotor adalah tachometer sanwa infrared digital untuk mengetahui putaran rotor turbin, anemometer untuk mengetahui kecepatan angin. Pegas dan beban untuk mendapatkan nilai torsi.

IV. HASIL DAN DISKUSI

Dari pengujian dilapangan didapatkan hasil sebagai berikut:

- Perbandingan putaran turbin terhadap variasi kecepatan angin

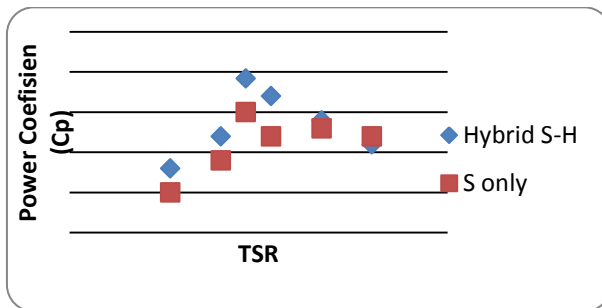


Gambar 10. Grafik hubungan Kecepatan angin dan putaran rotor

Pada grafik untuk turbin angin dengan end plate atas dengan bukaan bilah memiliki self strating pada 1.3m/s sementara untuk endplate tanpa turbin mulai berputar pada

kecepatan angin 1.32 m/s. Nilai putaran turbin mengalami peningkatan dengan end plate yang menggunakan bukaan bilah. Kondisi turbin di uji tanpa beban.

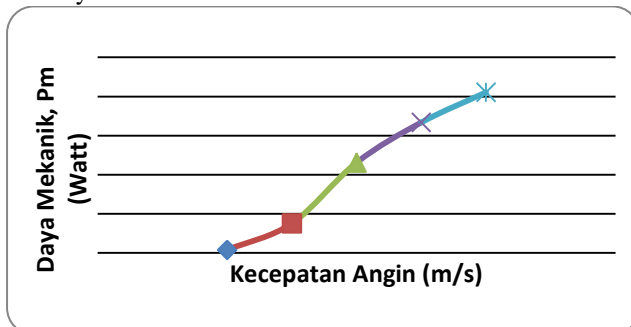
b. Perbandingan C_p dan TSR



Gambar 11. Grafik hubungan TSR dan nilai C_p

Nilai coefisien of power (C_p) tertinggi didapat pada pengujian hybrid antara savonius dan H-darrieus yaitu 0.192 sedangkan pada set-up rotor hanya savonius nilai C_p adalah 0.157. saat pengujian putaran rotor lebih stabil saat di pasang secara hybrid.

c. Daya mekanik rotor



Gambar 12. Grafik hubungan Kecepatan angin dengan Daya mekanik rotor

Daya mekanik yang dihasilkan oleh hybrid rotor savonius dengan H-Darrieus adalah 8.214 watt pada kecepatan 4,5m/s.

V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Menggunakan end plate dengan bukaan bilah pada bagian atas menyebabkan self starting rotor lebih baik dibandingkan dengan tanpa bukaan pada end plate.
2. Coeffisien of performance (C_p) rotor yang dipasang hybrid lebih tinggi dibandingkan dengan rotor savonius saja. Yaitu hybrid = 0.192 dan Savonius = 0.157
3. Daya mekanik masimum rotor hybrid rotor savonius dengan H-Darrieus adalah 10,268 watt pada kecepatan 4,5m/s

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada tim workshop Teknik Mesin PNP yang telah membantu pembuatan alat dan proses pengujian di lapangan.

REFERENSI

- [1] Betz't theory, 1966. Introduction to the theory of flow machines. Oxort: Pergamon Press.
- [2] Chong, W T . 2012. Vertical axis wind turbine with omni directional guide vane for urban high rise application. Jurnal of central south University of technology. Malaysia.
- [3] Eldridge, F. R., "Wind Machines," 2nd Ed., The MITRE Energy Resources and Environmental Series, Van Nostrand Reinhold Company, 1980.
- [4] Gupta R., Das, R., KK. Sharma.: Experimental study of a Savonius-Darrieus wind machine. In: Proceedings of the International Conference on Renewable Energy for Developing Countries, University of Columbia, Washington DC, 2006.
- [5] Gupta, R. Das, R. Gautam, S. S. Deka, CFD Analysis of a Two bucket Savonius Rotor for Various Overlap Conditions, ISESCO JOURNAL of Science and Technology, 8 (1 3), 2 0 1 2, 67-7 4
- [6] Mahmoud N.H., A.A. El-Haroun , E. Wahba , M.H. Nasef. An experimental study on improvement of Savonius rotor performance, Alexandria Engineering Journal , (51), 2012,, 19-25
- [7] Md. Jahangir Alam, Iqbal MT. Design and Development of hybrid Vertical Axis Turbine. International conference on electronics and drive system 2009
- [8] Kadam, A A. S.S Patil. A review study on savonius wind rotor for accessing the power performance. IOSR Jurnal of mechanical and civil engineering. ISSN(e).2278-1684, PP: 18-24
- [9] KK. Sharma, A Biswas, R. Gupta Performance.2013. measurement of a three bladed combined Darrieus – savonius Rotor. Internasional jurnal renewable energy researce vol 3, no.4.

Design of Fuzzy PID Controller for Buck Converter

Sabat Anwari

Electrotechnic Department
National Institute of Technology
Bandung, Indonesia
sabat.anwari@gmail.com

Decy Nataliana

Electrotechnic Department
National Institute of Technology
Bandung, Indonesia

Abstract — DC-DC converter convert DC voltage signal from high level to low level signal or it can be vise versa depending on the type of converter used in system. Buck converter is one of the most important components of circuit, it converts voltage signal from high DC signal to low voltage. In buck converter, a high speed switching devices are placed and the better efficiency of power conversion with the steady state can be achieved. Linear PID is usually designed for buck converter using standard frequency response techniques based on the small signal model of the converter. After the development of fuzzy logic, an important application of it was developed in control systems and it is known as fuzzy PID controllers. They represent interest in order to be applied in practical applications instead of the linear PID controllers, in the feedback control of a variety of processes, due to their advantages imposed by the nonlinear behavior. The main purpose of research is to develop control systems for all kind of processes with a higher efficiency of the energy conversion and better values of the control quality criteria. A comparison of experimental results indicates that the performance of the fuzzy PID controller is superior to that of the linear PID controller. The fuzzy PID controller is able to achieve faster transient response, has more stable steady-state response, and is more robust under different operating points.

Keywords —buck converter, PID, Fuzzy PID, transient response.

I. INTRODUCTION

DC-DC converters with computerized digital control methods picked up ubiquity because of their high productivity, low power utilization, higher resistance to natural changes, for example, temperature and maturing of parts, capacity to interface effortlessly, of programmability and to actualize advanced control plans. Their requisitions incorporate compact electronic gadgets, for example, computer and smart phones others [1].

Linear PID controller is usually designed for DC-DC converters using standard frequency response techniques based on the small signal model of the converter. A Bode plot is used in the design to obtain the desired loop gain, crossover frequency and phase margin. The stability of the system is guaranteed by an adequate phase margin. However, linear PID controller can only be designed for one nominal operating point [2].

After the development of fuzzy logic, an important application of it was developed in control systems and it is known as fuzzy PID controllers. They represent interest in order to be applied in practical applications instead of the linear PID controllers, in the feedback control of a variety of processes, due to their advantages imposed by the nonlinear behavior. Fuzzy PID controllers may be used as controllers instead of linear PID controller in all classical or modern control system applications. They are converting the error between the measured or controlled variable and the reference variable, into a command, which is applied to the actuator of a process. In practical design it is important to have information about their equivalent input-output transfer characteristics. The main purpose of research is to develop control systems for all kind of processes with a higher efficiency of the energy conversion and better values of the control quality criteria [3].

A bunch of control algorithms for DC-DC converters have been proposed in the literature. However, it is not easy to precisely control DC-DC converters because of load or parameter variations. To get around this problem, many researchers [4-9] have proposed numerous control algorithms which are robust to load or parameter variations.

Fuzzy system can be considered a type of nonlinear function interpolator which was introduced for controlling variable structure systems [10]. Its major advantages are the guaranteed stability and the robustness against parameter, line and load uncertainties. Moreover, being a controller that has a high degree of flexibility in its design choices, the fuzzy controller is relatively easy to implement as compared with other type of nonlinear controllers. Such properties make it highly suitable for control application in nonlinear system such as DC-DC converter [11].

Considering these facts, a fuzzy PID control design method for a buck converter is proposed. The PID parameters are determined based on the common control engineering knowledge that transient performances can be improved if the P and I gains are big and the D gain is small at the beginning [12-13]. Via simulations and experiments it is shown that the proposed method can be

successfully used to control a buck converter under input voltage and load variations.

II. SIMULATED MODEL OF BUCK CONVERTER

Simulated model of buck converter using Matlab Simulink is shown in Figure 1 (Adopted from [11]). It consist of 12 V input DC supply, GTO (gate turn on thyristor) as a switch, PWM (Pulse Width Modulation) generator for providing switching pulses to GTO. The capacitance C is 220 μ F, L is 20 μ H, and RL is 2 Ω . The parasitic elements RC and RL are estimated to be 30 m Ω and 10 m Ω , respectively [14]. The desired output from this converter is 2 V DC.

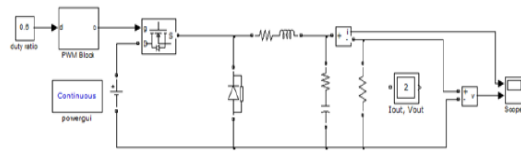


Figure 1. Simulink model of buck converter

III. FUZZY PID CONTROLLER

The structure of the fuzzy PID controller is presented in Figure 2. In this case the derivation and integration is made at the input of the fuzzy block, on the error e . The fuzzy block has three input variables x_e, x_{ie}, x_{de} .

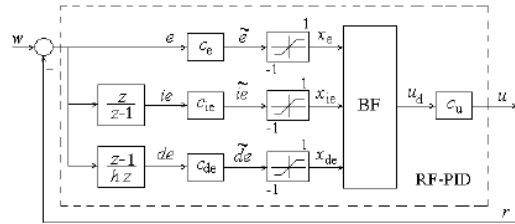


Figure 2. The block diagram of the fuzzy PID controller

The transfer function of the PID controller is obtained considering a linearization of the fuzzy block BF around the origin, for $x_e = 0, x_{ie} = 0, x_{de} = 0$ and $u_d = 0$ with a relation of the following form:

$$u_d = K_0(x_e + x_{ie} + x_{de}) \quad (1)$$

A relation, as the fuzzy block from the PID controller - which has 3 input variables - may describe, is:

$$K_{BF}(x_t, x_{de}, x_{ie} = 0) = \frac{u_d}{x_t}, x_t \neq 0 \quad (2)$$

where:

$$x_t = x_e + x_{ie} + x_{de} \quad (3)$$

The value K_0 is the limit value in origin of the characteristics of the function:

$$K_0 = \lim_{x_t \rightarrow 0} K_{BF}(x_t, x_{de}, x_{ie} = 0) \quad (4)$$

Taking account of the correction made on the fuzzy block with the incremental coefficient c_u , the characteristic of the fuzzy block corrected and linearized around the origin is given by the relation:

$$u = c_u K_0(x_e + x_{ie} + x_{de}) \quad (5)$$

We are denoting:

$$\tilde{c}_u = c_u K_0 \quad (6)$$

For the fuzzy controller RF-PID, with the fuzzy block BF linearized, the following input-output relation in the z domain may be written:

$$\begin{aligned} u(z) &= \tilde{c}_u [x_e(z) + x_{ie}(z) + x_{de}(z)] \\ &= \tilde{c}_u \left[c_e + c_{ie} \frac{z}{z-1} + c_{de} \frac{z-1}{hz} \right] e(z) \end{aligned} \quad (7)$$

With these observations the transfer function of the fuzzy ID controller becomes:

$$H_{RF}(z) = \frac{u(z)}{e(z)} = \tilde{c}_u \left(c_e + c_{ie} \frac{z}{z-1} + c_{de} \frac{z-1}{hz} \right) \quad (8)$$

For the linear PID controller, the following relation for the transfer function is considered:

$$H_{RG}(s) = K_{RG} \left(1 + T_D s + \frac{1}{T_I s} \right) \quad (9)$$

The fuzzy block has a MISO transfer characteristic:

$$u_d = f_{BF}(x_e, x_{de}), x_e, x_{de} \in [-a, a] \quad (10)$$

From this transfer characteristic, a SISO transfer characteristic may be obtained:

$$u_d = f_e(x_e, x_{de}), x_e \in [-a, a] \quad (11)$$

where x_{de} is a parameter.

We introduce a composed variable:

$$x_t = x_e + x_{de} \quad (12)$$

Using this new, composed variable, a family of translated characteristics may be obtained:

$$u_d = f_t(x_e, x_{de}), x_e \in [-2a, 2a] \quad (13)$$

with x_{de} as a parameter. The passing from a frequency model to the parameter model is reduced to the determination of the parameters of the transfer impedance. The steps in such identification procedure are:

organization and obtaining of experimental data on the transducer, interpretation of measured data, model deduction with its structure definition and model validation. Using the above translated characteristics we may obtain the characteristic of the variable gain of the fuzzy block:

$$K_{BF}(x_t, x_{de}) = \frac{f_t(x_t, x_{de})}{x_t}, x_t \neq 0 \quad (14)$$

The MISO transfer characteristic of the fuzzy block may be written as follows:

$$u_d = f_{BF}(x_e, x_{de}) = K_{BF}(x_e, x_{de}) \cdot (x_e + x_{de}) \\ = K_{BF}(x_t, x_{de}) \cdot x_t \quad (15)$$

If the fuzzy bloc is linearized around the point of the origin, in the permanent regime: $x_e = 0, x_{de} = 0$, and $u_d = 0$, the following relation will be obtained:

$$u_d = K_0(x_e + x_{de}) \quad (16) \quad 1)$$

The value K_0 is the value at the limit, in origin of the characteristic $K_{BF}(x_e; x_{de})$:

$$K_0 = \lim_{x_t \rightarrow 0} K_{BF}(x_t; x_{de}), x_{ie} = 0 \quad (17)$$

This value may be determined with a good approximation, at the limit, from the gain characteristics.

The derivation of the fuzzy control rules is heuristic in nature and based on the following criteria:

- 1) When the output of the converter is far from the set point, the change of duty cycle must be large so as to bring the output to the set point quickly.
- 2) When the output of the converter is approaching the set point, a small change of duty cycle is necessary.
- 3) When the output of the converter is near the set point and is approaching it rapidly, the duty cycle must be kept constant so as to prevent overshoot.
- 4) When the set point is reached and the output is steady, the duty cycle remains unchanged.
- 5) When the output is above the set point, the sign of the change of duty cycle must be negative, and vice versa.

According to these criteria, a rule table is derived and shown in Table 1.

TABLE 1. THE 3X3 (PRIMARY) RULE BASE

u		x_e		
		NB	ZE	PB
x_{de}	NB	NB	NB	ZE
	ZE	NB	ZE	PB
	PB	ZE	PB	PB

We show here an example of the above characteristics for the fuzzy block with max-min inference, defuzzification with center of gravity, were the variables have the 3x3 primary rule base from Table 1 and three membership values from Figure 3.

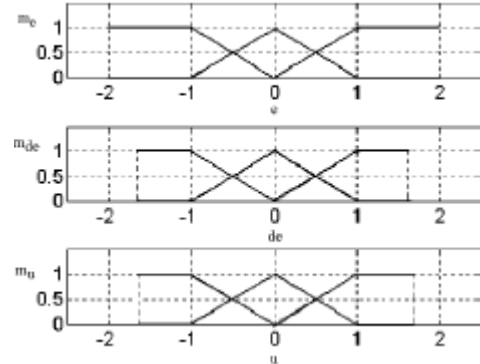


Figure 3. Membership functions

IV. SIMULATION RESULTS

Simulation results of buck converter are presented in this section. The Matlab Simulink is used to test the transient of a buck converter, as shown in Figure 1 having the controllers designed by using the classical PID controller and the Fuzzy PID controller. The control simulation results are shown in Figure 4, Figure 5, and Figure 6.

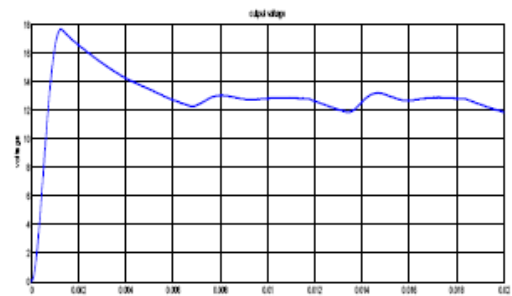


Figure 4. Time response of open-loop buck converter

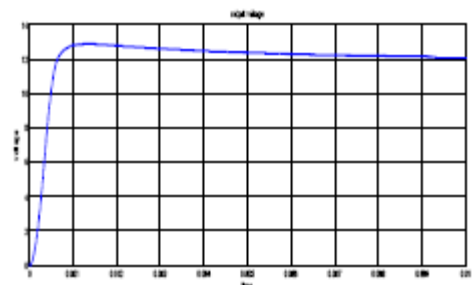


Figure 5. Time response of buck converter by using classical PID

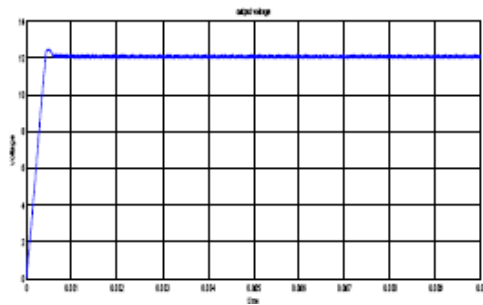


Figure 6. Time response of buck converter by using fuzzy PID

Figure 4 shows transient response of open loop buck converter, settling time is about 13 ms and overshoot percentage is about 47.66%. Figure 5 shows transient response of buck converter by using classical PID controller, settling time is about 10 ms and overshoot percentage is about 6.66%. Figure 5 shows transient response of buck converter by using classical PID controller, settling time is about 0.6 ms and overshoot percentage is about 3.33%. This facts show that control law using Fuzzy PID can control the buck converter better than classical PID.

V. CONCLUSIONS

One advanced control scheme which can be implemented with microcontrollers is fuzzy logic PID control. Fuzzy logic PID control is a nonlinear control scheme with piecewise linear proportional, integral, and derivative gain to control the duty cycle of the system. Control of the duty cycle, in turn, controls the output voltage of the system. The fuzzy logic controller is designed to implement proportional, integral, and derivative gain when they are appropriate to reduce the error signal of the system. The time-domain response of the closed-loop system with Fuzzy PID controller is improved with respect to the closed-loop system with PID controller. The overall speed of the system is also increased, as seen by the decrease of the settling time when the converter is connected to the power source.

REFERENCES

1. Mondal, Digital PID controller design for DC-DC buck converter, Master Thesis, National Institute of Technology, Rourkela, India, 2014.
2. Shyama and P. Swaminathan, "Digital linear and nonlinear controllers for buck converter", International Journal of

- Soft Computing and Engineering (IJSCE), March, vol. 2, issue 1, 2012.
3. Song, Intelligent PID Controller Based on Fuzzy Logic Control and Neural Network Technology for Indoor Environment Quality Improvement, Ph.D. Thesis, University of Nottingham, UK, 2014.
4. Escobar, R. Ortega, H. Sira-Ramirez, J. P. Vilain, and I. Zein, "An experimental comparison of several nonlinear controllers for power converters", IEEE Control Systems Magazine, vol. 19, pp. 66-82, 1999.
5. Sira-Ramirez, R.A. Perez-Moreno, R. Ortega, and M. Garcia-Esteban, "Passivity-based controllers for the stabilization of DC-to-DC Power converters", Automatica, vol. 33, pp. 499-513, 1997.
6. Sira-Ramirez, "On the generalized PI sliding mode control of DC-to-DC power converters: a tutorial", Int. J. Control, vol. 76, pp. 1018-1033, 2003.
7. C. Tan, Y. M. Lai, and C. K. Tse, "A unified approach to the design of PWM-based sliding mode voltage controllers for basic DC-DC converters in continuous conduction mode", IEEE Trans. Circuits and Systems-I, vol. 53, pp. 1816-1827, 2006.
8. C. Tan, Y. M. Lai, and C. K. Tse, "Indirect sliding mode control of power converters via double integral sliding surface", IEEE Trans. Power Electronics, vol. 23, pp. 600-611, 2008.
9. Utkin, J. Guldner, and J. Shi, Sliding Mode Control in Electromechanical Systems, PA : Taylor & Francis, 1999.
10. Khaligh and A. Emadi, "Suitability of the pulse adjustment technique to control single DC/DC choppers feeding vehicular constant power loads in parallel with conventional loads", International journal Electric and Hybrid Vehicles, vol. 1, pp. 20-45, 2007.
11. Ali, S. Khan, M. Waleed, and Islamuddin, "Application of an Intelligent Self-Tuning Fuzzy PID Controller on DC-DC Buck Converter", International Journal of Advanced Science and Technology, vol. 48, November 2012.
12. W. Jung, Y. S. Choi, V. Q. Leu, and H. H. Choi, "Fuzzy PI-type current controllers for permanent magnet synchronous motors," IET Electr. Power Appl., vol. 5, pp. 143-152, 2011.
13. Q. Leu, H. H. Choi, and J. W. Jung, "Fuzzy sliding mode speed controller for PM synchronous motors with a load torque observer," IEEE Trans. Power Electron. vol. 27, pp. 1530-1539, 2012.
14. Guo, J. Y. Hung, and R. M. Nelms, "Evaluation of DSP-Based PID and fuzzy controllers for DC-DC converters", IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 56, pp. 2237-2248, June 2009.

Aplikasi Pengukur Deteksi Suara Jantung

Hindarto

*Teknik Informatika, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
Sidoarjo, Indonesia
hindarto@umsida.ac.id*

Izza Anshory

*Teknik Elektro, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
Sidoarjo, Indonesia
izzaanshory@umsida.ac.id*

Ade Efiyanti

*Teknik Informatika, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
Sidoarjo, Indonesia
Online09@yahoo.com*

Abstrak—Jantung adalah sebuah rongga organ berotot yang memompa darah lewat pembuluh darah oleh kontraksi berirama yang berulang. Jantung adalah salah satu organ manusia yang berperan dalam sistem peredaran darah. Mendengarkan suara denyut jantung dalam tubuh disebut auskultasi dan biasanya dilakukan dengan memakai alat yang disebut stetoskop. Suara denyut jantung terutama datang dari bergolaknya darah yang disebabkan oleh menutupnya katup jantung. Pada setiap siklus jantung hanya suara jantung pertama dan kedua yang cukup keras didengar melalui stetoskop.

Pada penelitian ini, peneliti merancang sebuah aplikasi pengukur suara jantung dengan menggunakan sebuah rangkaian elektronika dengan sebuah stetoskop sebagai inputan yang digunakan untuk mendeteksi suara jantung. Sedangkan rangkaian elektronika yang digunakan adalah rangkaian arduino sebagai interface ke layar monitor.

Dari hasil uji coba terhadap 10 subyek sehat, untuk pengukuran dengan menggunakan stetoskop dihasilkan bahwa setiap subyek yang diuji coba mempunyai rata-rata amplitudo, standart deviasi dan kekerasan sinyal yang hampir sama dari setiap subyek.

Kata kunci: Jantung, arduino, stetoskop

I. PENDAHULUAN

Jantung adalah salah satu organ penting dalam tubuh manusia. Memompa darah ke berbagai bagian tubuh dan penurunan fungsi pada organ ini dapat menyebabkan konsekuensi yang serius. Jantung manusia adalah pompa otot, yang terletak antara paru-paru, tapi sedikit ke sisi kiri. Jantung orang dewasa beratnya antara 250 sampai 300 gram pada wanita, dan 300-350 gram pada laki-laki. Panjangnya sekitar enam inci, dan lebarnya adalah sekitar empat inci. Sebuah jantung manusia rata-rata berdetak sekitar 72 kali per menit, dan memompa 4-5 liter darah (per menit) saat istirahat. Bunyi jantung adalah bunyi yang disebabkan oleh proses membukakan menutupnya

katup jantung akibat adanya getaran pada jantung dan pembuluh darah besar. Bunyi jantung dikenal juga sebagai suarajantung. Banyak dokter menggunakan alat bantu stetoskop untuk mendengar bunyi jantung. Adapun jumlah dan kualitas bunyi jantung bergantung padadesain stetoskop dan tekanannya padadinding dada, lokasinya, orientasi tubuh, serta fase bernapas. Umumnya, bunyi tidak dihantarkan dengan baik dari cairan atau udara sehingga bunyi jantung tidak terdengar dengan baik apabila melewati paru [1].

Pengkajian terhadap bunyi jantung secara ilmiah pertama kali dilakukan oleh René-Théophile-Marie-Hyacinthe Laennec. Sebagai penemu stetoskop René dalam bukunya *De l'auscultation médiate*(1819) mengusulkan suatu cara baru dalam diagnosis, yaitu penggunaan stetoskop untuk mendengarkan suara organ tubuh [2].

Bunyi jantung normal pada dasarnya dapat dibedakan menjadi bunyi jantung pertama (S1) dan bunyi jantung kedua (S2). Bunyi jantung pertama (S1) muncul akibat 2 penyebab yaitu penutupan katub atrioventrikular (katub mitral dan trikuspidalis) dan kontraksi otot-otot jantung. Bunyi jantung kedua disebabkan dari penutupan katub semilunaris (katub aorta dan pulmonal). Bunyi jantung pertama memiliki frekuensi yang lebih rendah dan waktu yang sedikit lebih lama dibandingkan dengan bunyi jantung kedua. Bunyi jantung kedua memiliki frekuensi nada yang lebih tinggi dan memiliki intensitas yang maksimum di daerah aorta [3].

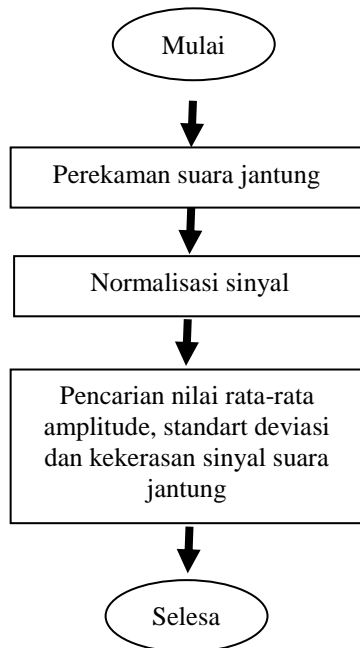
Penyakit Kelainan kerja jantung bisa diprediks iterlebih dahulu dengan ritme kerja jantungnya[4]. Suatu alat yang digunakan untuk merekam sinyal EKG telah dirancang dan diimplementasikan [5]. Aplikasi alat pendeteksi kelaianan jantung atau paru dengan tujuan sebagai alat bantu ajar untuk pendidikan teknik biomedika atau pendidikan kedokteran serta alat bantu akusisi data untuk penelitian mengenai suara fisiologis manusia [6].

Pada penelitian ini, peneliti merancang aplikasi untuk melakukan pengukuran terhadap suara jantung seseorang menggunakan stetoskop serta rangkaian arduino sebagai interface ke layar monitor. Data yang diambil adalah 10 sampel subyek sehat sebagai data uji coba.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian yang akan dilakukan meliputi beberapa langkah yaitu perekaman data sinyal Suara jantung dengan mengambil 10 subyek sehat yang berumur antara 17 sampai 25 tahun (masing-masing subyek melakukan uji coba sebanyak 5 kali percobaan), Normalisasi sinyal suara jantung, analisa suara jantung dengan menggunakan rata-rata amplitudo, standart deviasi dan kekerasan sinyal suara jantung dari tiap-tiap subyek.

Pada gambar 1 merupakan flowchart sistem yang akan dirancang.



Gambar 1. Flowchart sistem

Perekaman sinyal suara jantung

Inputan dari stetoskop akan mentransfer gelombang bunyi yang dihasilkan oleh tubuh melalui suatu perantara sehinggalah dapat terdengar jelas oleh pemeriksa. Dalam prosesnya, cara kerja stetoskop terjadi ketika stetoskop di tempelkan pada tubuh pasien. Disana stetoskop memperkuat suara yang diterima dari salah satu ujungnya. Kemudian gelombang suara tersebut dipantulkan dari sisi ke sisi melewati selang stetoskop sehingga suara dapat terkumpul dan pemeriksa dapat mendengarkan suara tersebut dengan jelas. Suara ini akan diterima oleh rangkaian arduino dan akan ditampilkan di layar monitor.

Rangkaian Arduino merupakan papan rangkaian elektronik yang open source yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR. Arduino mempunyai 14 pin digital input/ output, 6 input analog, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP header, dan sebuah tombol reset. Arduino Nano dikemas berbentuk papan kecil, lengkap, dan ramah yang

didasarkan pada Atmel ATmega 328p-au. Hanya saja Arduino nano tidak memiliki colokan listrik DC, dan bekerja dengan mini-b usb kabel. Daya arduino nano dapat diaktifkan melalui koneksi mini-b usb, 6-20 V yang tidak diatur catu daya eksternal (pin 30), atau 5 V diatur catu daya eksternal (pin 27) sumber daya secara otomatis dipilih untuk sumber tegangan tertinggi.

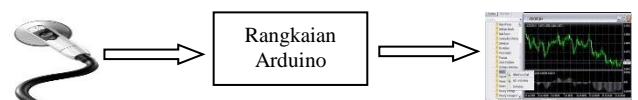
Sinyal suara jantung yang sudah direkam dari 10 subyek, kemudian dilakukan normalisasi sinyal. Hal ini dilakukan agar semua amplitudo dari masing-masing sinyal dari 10 subyek yang diuji coba mempunyai nilai rentang amplitudo yang sama.

Setelah proses normalisasi sinyal suara jantung dari 10 subyek, maka dilakukan pencarian terhadap nilai rata-rata amplitudo, standart deviasi dan kekerasan sinyal suara jantung.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

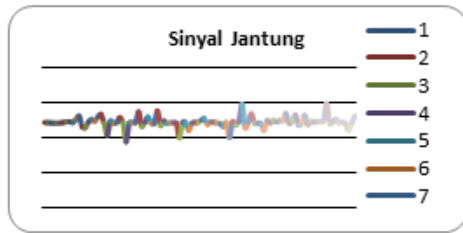
Pengujian Stetoskop

Proses cara kerja stetoskop berdasarkan bagian-bagian yang terdapat pada stetoskop seperti earpieces, sungkup atau bell, dan selang. Proses cara kerja stetoskop dimulai saat bell atau sungkup dibiarkan dalam keadaan terbuka dan di tempelkan pada area organ yang menghasilkan bunyi tersebut. Bell atau sungkup yang dalam keadaan terbuka diletakkan pada permukaan kulit. Proses cara kerja stetoskop pada saat bell terbuka yang terjadi ialah bagian dari stetoskop tersebut menyesuaikan atau menyamakan impedansi antara kulit dan udara. Cara kerja stetoskop dalam menyamakan atau menyesuaikan impedansi antara kulit ialah dengan menghimpun suara dari daerah yang berkontak. Bell pada stetoskop saat bersentuhan dengan kulit ini dapat berfungsi seperti diaphragm. Sehingga fungsi diaphragm pada stetoskop yang bersentuhan dengan kulit pasien memiliki frekuensi resonansi alami yang efektif untuk menghantarkan bunyi seperti bunyi jantung ataupun bunyi organ lain yang menghasilkan bunyi.



Gambar2. Pengujian Stetoskop

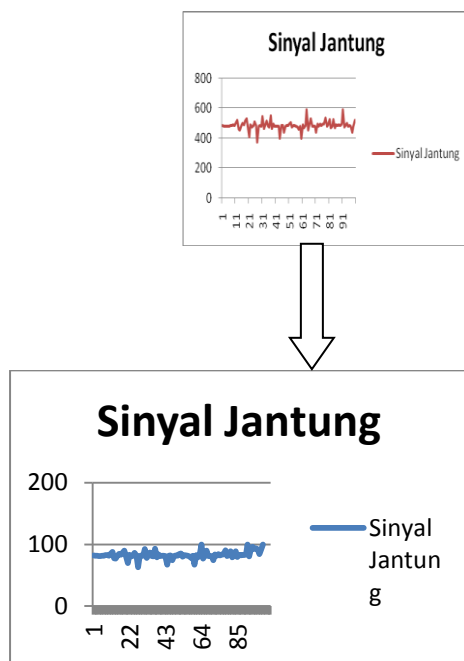
Pada pengujian menggunakan stetoskop seperti pada gambar 2, subyek diminta untuk menempelkan stetoskop kebagian dadanya, sehingga terjadi kontak antara stetoskop dengan subyek. Setelah stetoskop ditempelkan pada bagian dada subyek, proses perekaman dilakukan. Pada gambar3, merupakan hasil perekaman salah satu subyek.



Gambar 3. Hasil perekaman suara jantung

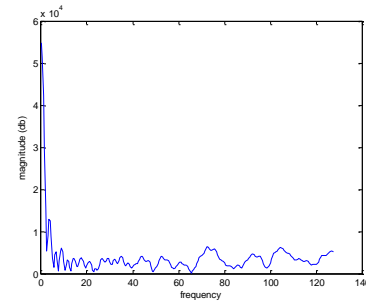
Dari gambar 3 diatas adalah hasil perekaman suara jantung dengan stetoskop, dari salah satu subyek yang direkam, mempunyai bentuk atau pola sinyal suara jantung yang hampir sama. Pada penelitian ini, dari sinyal suara jantung yang direkam akan diambil nilai rata-rata, standart deviasi dan kekerasan sinyal.

Setelah proses perekaman sinyal suara jantung, terlebih dahulu dilakukan proses normalisasi, yaitu proses untuk menyamakan amplitudo dari masing-masing sinyal suara jantung. Pada gambar 4 merupakan proses normalisasi sinyal suara jantung dengan amplitude maksimal sebesar 100.



Gambar 4. Proses Normalisasi

Untuk validasi sinyal suara jantung yang direkam, maka dilakukan validasi sinyal suara jantung dengan mengambil nilai frekwensinya dengan menggunakan metode Fast Fourier Transform (FFT), sehingga sinyal suara jantung harus mempunyai nilai antara 60 Hz sampai 100 Hz. Sesuai dengan frekwensi jantung normal manusia.



Gambar 4. Bentuk sinyal suara jantung setelah proses FFT

Setiap hasil rekaman sinyal suara jantung pada setiap subyek dilakukan proses FFT, untuk menentukan apakah sinyal suara jantung tersebut sudah sesuai dengan frekwensi sinyal suara jantung yaitu 60 Hz sampai 100 Hz untuk orang dewasa.

TABEL I. NILAI RATA-RATA, STANDART DEVIASI DAN KEKERASAN SINYAL SUARA JANTUNG DARI MASING-MASING SUBYEK (5 KALI PERCOBAAN)

Pengujian	Rata-rata	Standart deviasi	Kekerasan sinyal
Subyek 1	486	31	1121×10^9
Subyek 2	512	22.3	1320×10^9
Subyek 3	561	23.5	1442×10^9
Subyek 4	414	28	1091×10^9
Subyek 5	501	26	1266×10^9
Subyek 6	623	35	1475×10^9
Subyek 7	405	22	1092×10^9
Subyek 8	543	33	1234×10^9
Subyek 9	456	26	1119×10^9
Subyek 10	488	31	1123×10^9

Dari Tabel I dapat dilihat bahwa pengujian dengan stetoskop mempunyai tingkat rata-rata, standart deviasi dan kekerasan sinyal yang hampir sama nilainya dari sepuluh subyek yang di uji coba.

IV. KESIMPULAN

Hasil Pengujian pada rangkaian aplikasi pendeteksi suara jantung belum sesuai dengan adanya error tetapi sentifitas alat pendeteksi suara jantung ini sudah dapat digunakan dan dikembangkan. Total rata rata prosentase ketepatan keseluruhan untuk sepuluh sampel pengukuran mempunyai nilai rata-rata, standart deviasi dan kekerasan sinyal yang hampir sama untuk pengujian dengan stetoskop. Rancangan alat yang digunakan terdiri dari rangkaian sensor untuk suara jantung yaitu stetoskop dan rangkaian arduino untuk menampilkan ke layar. Noise yang terdapat pada sinyal diabaikan, karena hanya mencari denyutan suara jantung yang muncul.

REFERENSI

- [1] Cameron, John R; James G. Skofronick (2003). Fisika Tubuh Manusia Ed.2. Jakarta: EGC. pp. 189–190
- [2] Delf, Mohlan.H (1996). Mayor Diagnosis Fisik. Jakarta: EGC. pp. 293–295
- [3] Burnside, John.W (1995). Adams Diagnosis Fisik. Jakarta: EGC
- [4] M. Thaler, S. Seigafuse, N. Winter, and B. Rivera, the only EKG book youll ever need, 5th ed. Pennsylvania: Lippincott Williams & Wilkins, 2007, pp. 1–251.
- [5] Junartha et al.,”Telekardiologi menggunakan komunikasi Bluetooth” ,Jurnal Telekomunikasi IT Telkom, Vol.14 Tahun 2009
- [6] Achmad Rizal, Soegijardjo Soegijoko, 2006. Stetoskop Elektronik Sederhana Berbasis PC dengan Fasilitas Pengolahan Sinyal Digital untuk Auskultasi Jantung dan Paru. Seminar Instrumentasi Berbasis Fisika 2006 Bandung.

Penguat Dua Arah Pada Frekuensi 2,3 GHz untuk *Smart Antenna*

Atik Charisma¹, Joko Suryana²
Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Bandung¹²
atik.charisma@gmail.com; joko.suryana@stei.itb.ac.id

Abstrak – Sistem komunikasi *wireless* khususnya komunikasi seluler semakin berkembang, hal ini disebabkan karena besarnya permintaan masyarakat pada komunikasi *wireless* yang handal dengan kecepatan transfer data yang tinggi. *Smart antenna* menjadi salah satu solusi untuk memenuhi permintaan layanan komunikasi tersebut dengan *beam* terpusat dan penguatan sinyal. Penguatan pada sistem *smart antenna* terdapat pada kedua arah pengirim dan penerima. *Low Noise Amplifier (LNA)* sebagai penguat di penerima dan *Power Amplifier (PA)* sebagai penguat di pengirim. Pada penelitian ini akan dirancang sebuah simulasi kedua penguat tersebut menggunakan *software Advanced Design System*. Parameter penting perancangan penguat adalah kestabilan, *gain*, penyesuaian impedansi dan *noise figure*. LNA sebagai penguat berperan penting agar noise di penerima tidak mengalami kenaikan yang begitu tinggi seiring dengan kenaikan *gain*. LNA yang dirancang menggunakan transistor ATF58143 dengan *noise figure* yang sangat kecil sebesar 0,745 dB. PA yang dirancang menggunakan transistor ATF531P8 dengan salah satu parameter penting PA adalah diperolehnya nilai *gain* yang besar. Hasil simulasi PA didapat *gain* sebesar 17,838 dB.

Kata kunci : Smart Antenna, Penguat Dua Arah, Low Noise Amplifier (LNA), Power Amplifier (PA), Advanced Design System (ADS).

Abstract – Wireless communication systems, especially mobile communications is growing, it is due to the public demand in a reliable wireless communication with high data transfer speeds. Smart antenna be one solution to meet the demand for communications services with centralized beam and signal amplification. Strengthening the smart antenna system contained in both transmitter and receiver. Low Noise Amplifier (LNA) as an amplifier in the receiver and the Power Amplifier (PA) as an amplifier in the transmitter. In this paper will be designed a bidirectional amplifier simulations using Advanced Design System software. An important parameter

design of the amplifier is stability, gain, matching impedance and noise figure. LNA as an amplifier important role that the noise in the receiver did not rise so high due to higher gains. LNA designed using transistors ATF58143 with a very small noise figure of 0,745 dB. PA designed using transistors ATF531P8 with one of the important parameters of the PA is to obtain a large gain value. The simulation results obtained PA gain of 17,838 dB.

Key words : Smart Antenna, Bidirectional Amplifier, Low Noise Amplifier (LNA), Power Amplifier (PA), Advanced Design System (ADS).

I. PENDAHULUAN

Perkembangan komunikasi nirkabel pada saat ini dimana pengguna layanan menginginkan semua kenyamanan fasilitas komunikasi mulai dari kecepatan yang tinggi, *mobility*, harga yang murah, interferensi yang sedikit serta *gain* yang besar. Permintaan pasar yang begitu kompleks menjadi tantangan bagi penyelenggara telekomunikasi yang harus meningkatkan performansi sistem telekomunikasi yang mereka tawarkan. Dengan memanfaatkan kinerja yang tinggi pada *base station* antenna 2,3–2,7 GHz, operator dapat memberikan maksimum interoperabilitas, *bandwidth* yang lebar, kecepatan tinggi, hemat biaya, *gain* yang besar serta mengurangi interferensi.

Antena memiliki peranan yang sangat penting untuk proses telekomunikasi sebagai pengirim maupun penerima sinyal. Pada antena konvensional sinyal yang ditransmisikan tersebar ke seluruh pelanggan sehingga akan mengalami pemborosan karena ada pelanggan yang tidak sedang berkomunikasi namun juga mendapatkan sinyal. Sinyal yang diterima oleh pengguna aktif sama saja dengan pengguna pasif akibatnya menjadi tidak efisien dan mengalami interferensi serta rugi-rugi transmisi. Pada penelitian sebelumnya telah dirancang sebuah penguat di bagian penerima pada frekuensi 2,3 GHz untuk *mobile Wimax*[1] dengan meningkatkan daya sinyal yang diterima tanpa peningkatan daya *noise*. Penguat di bagian penerima saja tidak memberikan hasil

yang optimal pada komunikasi nirkabel karena bisa saja sinyal yang ditransmisikan memiliki daya yang rendah mengakibatkan penurunan performansi sistem sehingga perlu ditambahkan penguat dibagian pengirim. *Smart antenna* menjadi salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan adanya phase shifter dan penguat yang dikenal dengan nama *Tx/Rx module*.

Sinyal yang akan ditransmisikan maupun yang diterima secara terpusat bagi pengguna aktif saja dapat dimanfaatkan lebih efektif. Namun sistem ini harus didukung oleh berbagai elemen yang saling terhubung dan terkontrol pada bagian pemancar dan penerima. Penguat (*Amplifier*) adalah salah satu unsur yang penting dalam perancangan daya yang dapat mengurangi interferensi sehingga meningkatkan performansi sebuah sistem komunikasi nirkabel.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah penguat dua arah (*bidirectional amplifier*) yang diimplementasikan pada frekuensi 2,3 GHz untuk *smart antenna*

II. TEORI DASAR

A. Smart Antenna

Smart antenna adalah sebuah antenna yang memiliki sistem yang cerdas. *Multibeam* dengan pengarah berkas saat ini merupakan salah satu kemampuan dasar dari *smart antenna* dan memiliki penguat dibagian pengirim serta penerima. Keuntungan dari *smart antenna* dengan *multibeam* sebagai kemampuan dasarnya:

1. *Reduction in Co-Channel Interference*
2. *Increase in Capacity*
3. *Reduction in Transmitted Power*

B. Konsep Penguat Dua Arah (*Bidirectional Amplifier*)

Bagian terpenting dari sistem *Tx/Rx* modul adalah mengandung komponen *Power Amplifier (PA)* dan *Low Noise Amplifier (LNA)*, isolator (*RF Switch*)[2]. Isolator tidak dapat digabungkan dengan komponen lain[2]. Isolator (*RF Switch*) mempunyai *insertion loss* untuk menurunkan *noise figure* LNA dan efisiensi PA[2]. Pada bagian pemancar terdapat sebuah *Power Amplifier (PA)* yang akan memperkuat daya sinyal RF sehingga mempunyai daya yang besar yang kemudian ditransmisikan ke antenna. Sedangkan pada bagian penerima terdapat *Low Noise Amplifier (LNA)* yang akan memperkuat daya sinyal RF yang diterima oleh antenna tanpa meningkatkan daya *noise*. Oleh karena itu, LNA dan PA merupakan bagian terpenting dari sistem penguat dua arah. Perancangan LNA dan PA menggunakan *software Advance Design System (ADS)*. Dengan menggunakan *library software* ini, optimasi LNA dan PA untuk mencapai spesifikasi yang dirancang dapat diperoleh dengan mudah, cepat dan akurat.

C. Low Noise Amplifier (LNA)

Low Noise Amplifier (LNA) merupakan suatu perangkat *amplifier* yang digunakan untuk memperkuat sinyal dari antenna serta menekan *noise* yang terjadi pada sinyal tersebut. Hal ini berarti bahwa ketika dilakukan penguatan pada sinyal tidak diiringi dengan penguatan daya *noise*[3]. Pada komunikasi nirkabel, LNA harus mampu menerima sinyal yang sangat lemah dari pengirim dan memperkuat sunyal tersebut agar dapat mencapai level yang cukup untuk diberikan ke perangkat penerima. Oleh karena itu, parameter yang perlu diperhatikan dalam merancang LNA adalah *gain*, *noise figure*, masukan dan keluaran rangkaian impedansi serta kestabilan.

D. Power Amplifier (PA)

Rangkaian penguat terdiri dari satu komponen aktif dan beberapa komponen pasif. Komponen aktif seperti transistor atau IC sedangkan komponen pasif terdiri dari resistor, kapasitor dan induktor. *Power amplifier* haruslah mempunyai kemampuan untuk mereproduksi masukan dengan distorsi yang kecil.

E. Parameter-Parameter Perancangan Penguat

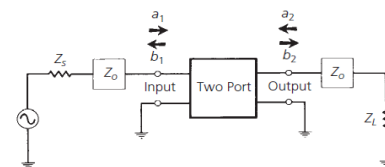
Merancang sebuah penguat bukanlah hal yang mudah, ada beberapa parameter yang harus diperhitungkan dalam perancangan tersebut adalah sebagai berikut :

1. Rangkaian DC Bias

DC biasing merupakan hal yang perlu diperhatikan dalam mendesain penguat dengan pengoperasian yang tepat. Terdiri dari 2 macam bias transistor yaitu bias pasif dan aktif

2. Scattering Parameter

Scattering parameter atau S-parameter merupakan hubungan antara tegangan gelombang datang dengan tegangan gelombang pantul dalam suatu rangkaian empat kutub yang terhubung dengan saluran transmisi yang mempunyai karakteristik Z_0 seperti pada gambar 1.



Gambar 1. *incident and reflected waves for a two port devices*[4]

3. Gain

Gain (penguat) adalah perbandingan antara sinyal keluaran sistem terhadap sinyal masukan sistem. Terdapat tiga jenis gain[1], yaitu :

- *Transducer power gain*, yaitu perbandingan antara daya yang dikirim ke beban terhadap daya yang tersedia pada sumber.

$$G_T = \frac{|S_{21}|^2 (1 - |\Gamma_s|^2) (1 - |\Gamma_L|^2)}{|1 - \Gamma_s \Gamma_{in}|^2 |1 - S_{22} \Gamma_L|^2} \quad (1)$$

- *Operating power gain*, yaitu perbandingan antara daya yang dikirim ke beban terhadap daya masukan pada rangkaian.

$$G = \frac{|S_{21}|^2 (1 - \Gamma_L)^2}{(1 - |\Gamma_{in}|^2) (1 - S_{22} \Gamma_L)^2} \quad (2)$$

- *Available power gain*, yaitu perbandingan daya yang tersedia dari rangkaian terhadap daya dari sumber.

$$G_A = \frac{|S_{21}|^2 (1 - |\Gamma_s|^2)}{(1 - S_{11} \Gamma_s)^2 (1 - |\Gamma_{out}|^2)} \quad (3)$$

4. Kestabilan

Kestabilan dalam perancangan LNA merupakan faktor yang sangat penting karena hal tersebut menentukan apakah suatu sistem tersebut layak digunakan[2]. Kestabilan dapat ditentukan dengan faktor K.

$$|\Delta| = |S_{11} S_{22} - S_{12} S_{21}| < 1 \quad (4)$$

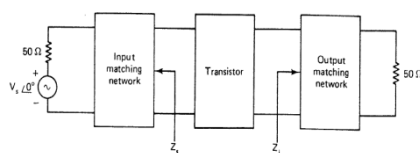
$$K = \frac{1 - |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2 + |\Delta|^2}{2|S_{21} S_{12}|} > 1 \quad (5)$$

5. Noise Factor dan Noise Figure

Noise factor adalah ukuran tingkat kebisingan suatu peralatan tertentu, misalnya sebuah penguat[2]. Nilainya merupakan perbandingan anatar *SNR input* pada sisi *input* dan *SNR output* pada sisi *output* peralatan. Noise factor yang dinyatakan dalam satuan desibel maka disebut dengan noise figure. Apabila sebuah peralatan yang tidak membangkitkan deraunya sendiri, maka *SNR* masukan dan keluarannya menjadi sama. Keadaan ini merupakan keadaan ideal, dimana noise factor-nya menjadi satu yang ekivalen dengan noise figure-nya 0 dB[3].

6. Penyesuaian Impedansi

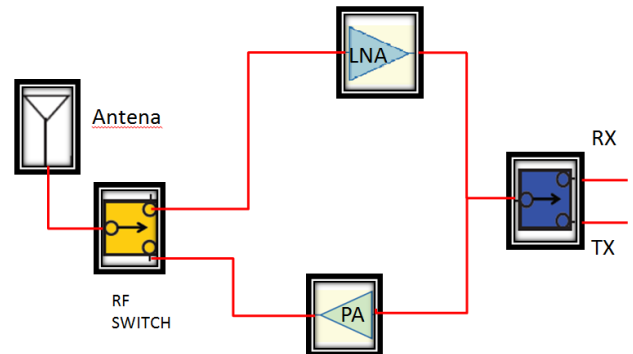
Impedance matching sangat penting dalam mendesain semua komponen, sirkuit dan subsistem pada *microwave*. Kasus dimana matching ideal adalah pada saat $Z_{in} = Z_0$, $VSWR = 1$, koefisien pantul = 0, $P_r = 0$ dan tempat impedansi terletak di tengah *smith chart* yang digambarkan pada gambar 2. Ada dua jenis rangkaian penyesuaian yaitu menggunakan lumped element (RLC) dan *single stub*.



Gambar 2. Blok Diagram Penyesuaian Impedansi[5]

III. PERANCANGAN SISTEM

Pada penelitian ini akan dirancang sebuah sistem penguat dua arah yaitu *Low Noise Amplifier (LNA)* di bagian penerima dan *Power Amplifier (PA)* di bagian pengirim. Perancangan menggunakan *software Advanced Design System (ADS)* versi 2009. Blok diagram sistem secara keseluruhan adalah sebagai berikut :



Gambar 3. Skema Perancangan Penguat Dua Arah

Pada gambar 3 sinyal yang diterima maupun dikirim oleh antenna terlebih dahulu mengalami penguatan. Penguat dua arah yaitu LNA dan PA yang terhubung dengan dua buah *switch SPDT* yang akan mengubah mode “transmit enable” atau “receive enable”. Antena yang digunakan adalah *cross dipole* yang bekerja pada frekuensi 2,3 GHz dengan gain 7,22 dBi dan *return loss* <-10 dB. Berdasarkan parameter antenna tersebut maka dirancanglah LNA dan PA dengan persyaratan teknis yang terdapat pada tabel 1

TABEL 1. SPESIFIKASI TEKNIS

No.	Parameter	Low Noise Amplifier (LNA)	Power Amplifier (PA)
1.	Frekuensi	2,3 GHz	2,3 GHz
2.	Gain	>10dB	>15dB
3.	Noise Figure	<1 dB	-
4.	Input Return Loss	<-10dB	<-10dB
5.	Output Return Loss	<-10dB	<-10dB
6.	Faktor Kestabilan	>1	>1
7.	Transistor	ATF58143	ATF531P8

Ada beberapa parameter penting dalam perancangan amplifier, yaitu kestabilan transistor yang berkaitan dengan *matching impedance*, rangkaian bias dan gain. Pada LNA ditambahkan parameter *noise figure* dalam perancangannya berdasarkan tujuan dari LNA di mana menaikkan gain dan menekan *noise*. Oleh karena itu tahapan pertama yang penting dalam perancangan adalah pemilihan transistor yang tepat.

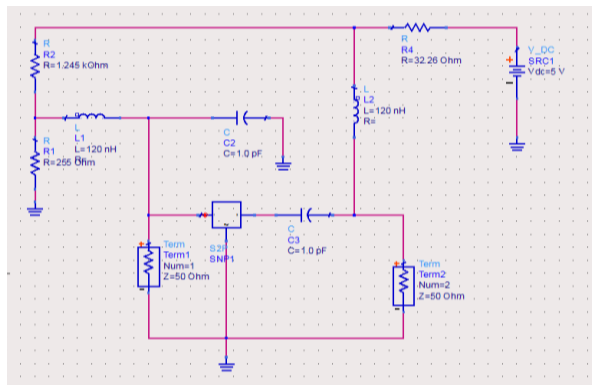
Penelitian ini menggunakan transistor produksi AVAGO dengan tipe ATF58143 untuk LNA dan ATF531P8 untuk PA. Syarat transistor stabil adalah faktor kestabilannya harus bernilai >1 . Transistor ini dipilih berdasarkan faktor kestabilan yang hampir mendekati 1.

Berdasarkan *datasheet* transistor untuk LNA yaitu $V_{ds} = 3V$, $I_{ds} = 30\text{ mA}$, $V_{gs} = 0,51$, $I_{BB} = 2\text{ mA}$, $V_{DD} = 5V$ maka dirancahlah rangkaian DC bias sebagai berikut [6]:

$$R_3 = \frac{V_{gs}}{I_{BB}} = 255\Omega$$

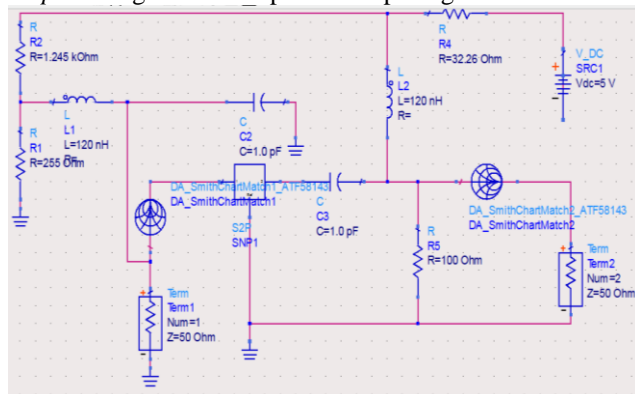
$$R_4 = \frac{V_{DD} - V_{DS}}{I_{DS} + I_{BB}} = 32,26\Omega$$

$$R_1 = \frac{(V_{DS} - V_{gs})R_3}{V_{gs}} = 1,245k\Omega$$



Gambar 4. Rangkaian DC Bias LNA

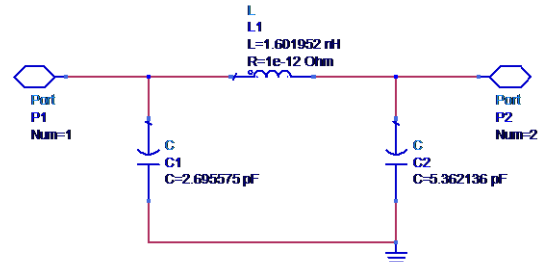
Langkah selanjutnya setelah perancangan rangkaian DC bias adalah rangkaian penyesuaian impedansi untuk mencapai kestabilan. Rangkaian penyesuaian impedansi dibuat pada bagian *input* dan *output*. Rangkaian ini dapat dilihat pada gambar 5.



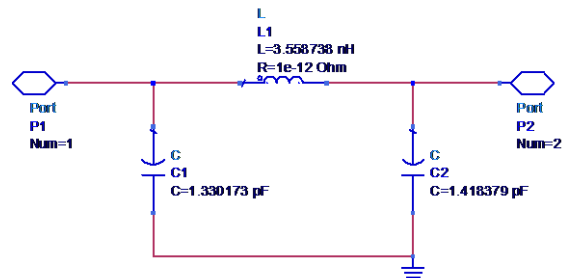
Gambar 5. Rangkaian Keseluruhan LNA

Pada gambar 5 telah ditambahkan rangkaian penyesuaian impedansi. Proses penyesuaian impedansi ini

menggunakan *lumped element* pada bidang *smith chart* pada *tools* ADS. Tipe rangkaian impedansi yang digunakan adalah tipe π yaitu serial induktor dan paralel kapasitor seperti yang terdapat pada gambar 6 dan 7.



Gambar 6. Rangkaian Input Matching Impedance



Gambar 7. Rangkaian Output Matching Impedance

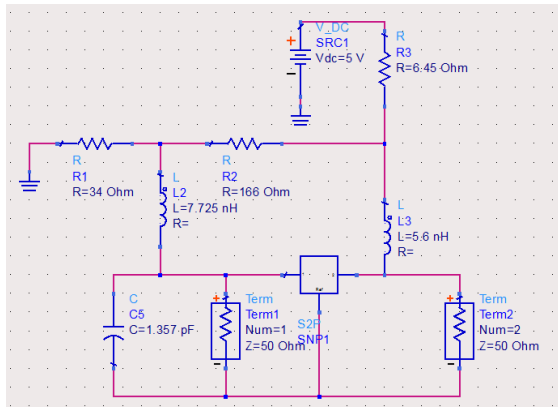
Perancangan PA tidak jauh berbeda dengan perancangan LNA. Pada perancangan PA hal utama yang dicapai adalah gain yang tinggi[6] dengan sedikit mengabaikan *noise figure* sedangkan LNA lebih mengutamakan menekan kenaikan *noise* yang seiring dengan kenaikan gain.

Power Amplifier (PA) juga menggunakan transistor AVAGO tipe ATF531P8 dengan parameter di *datasheet* yaitu $V_{ds} = 4V$, $I_{ds} = 135\text{ mA}$, $V_{gs} = 0,68$, $I_{BB} = 20\text{ mA}$, $V_{DD} = 5V$ maka parameter rangkaian DC bias sebagai berikut :

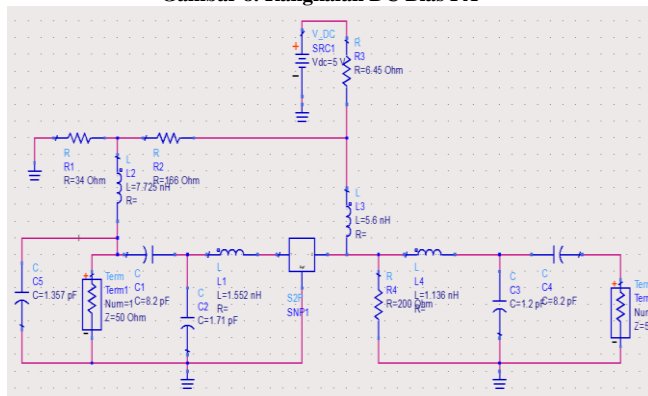
$$R_3 = \frac{V_{gs}}{I_{BB}} = 34\Omega$$

$$R_4 = \frac{V_{DD} - V_{DS}}{I_{DS} + I_{BB}} = 6,45\Omega$$

$$R_1 = \frac{(V_{DS} - V_{gs})R_3}{V_{gs}} = 166\Omega$$



Gambar 8. Rangkaian DC Bias PA



Gambar 9. Rangkaian Keseluruhan PA

Gambar 9 merupakan rangkaian keseluruhan PA dengan menggabungkan rangkaian DC bias dan penyesuaian impedansi. Proses penyesuaian impedansi PA juga menggunakan lumped element. Tipe rangkaian impedansi yang digunakan adalah tipe T.

IV. HASIL PENELITIAN

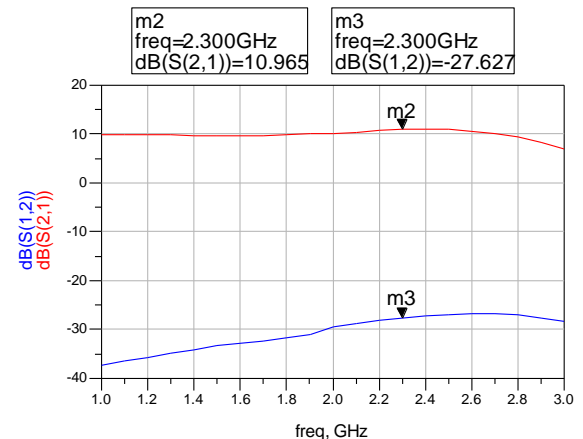
Pada penelitian ini menghasilkan simulasi perancangan penguatan dua arah menggunakan ADS. Rangkaian LNA dan PA mengalami perubahan nilai kestabilan setelah ditambahkan rangkaian penyesuaian impedansi. Rangkaian penyesuaian pada bagian output ditambahkan sebuah resistor sehingga faktor kestabilan dapat dicapai >1 . Pada LNA ditambahkan resistor paralel sebesar 100 Ω dan PA 200 Ω . Tabel 2 merupakan perbandingan nilai faktor kestabilan :

TABEL 2. FAKTOR KESTABILAN LNA DAN PA

	Sebelum Matching	Setelah Matching
Low Noise Amplifier	0,772	3.036
Power Amplifier	0,912	1,287

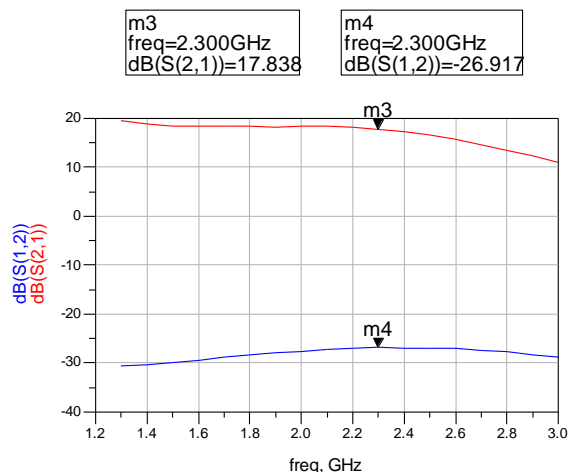
Penambahan resistor pada LNA memang mempengaruhi nilai kestabilan namun berakibat *noise*

figure menjadi meningkat. Hal ini terjadi karena penambahan resistor pada dasarnya akan membuat rangkaian menjadi lebih panas di mana panas merupakan salah satu parameter *noise*. Akan tetapi nilai *noise figure* yang diperoleh masih tetap dibawah 2 dB yaitu sebesar 0,745 dB. Hasil simulasi perancangan LNA pada gambar 10 diperoleh gain sebesar 10,965 dB dengan *insertion loss* -27,627 dB.

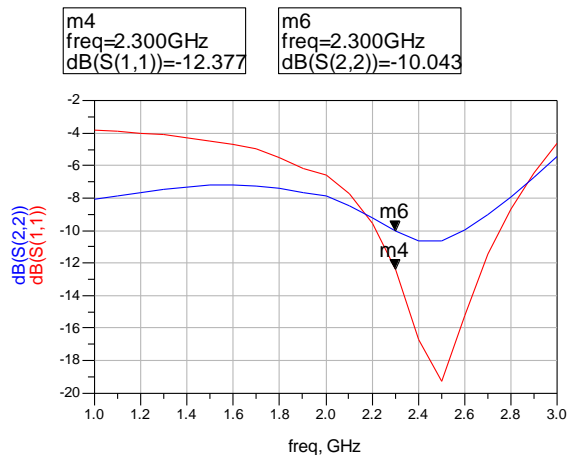


Gambar 10. S_{21} (Gain) dan S_{12} (Isolation) LNA

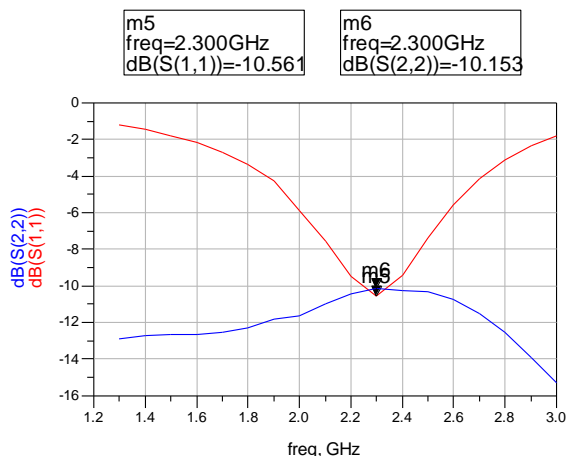
Tujuan utama dari perancangan *power amplifier* adalah memperoleh nilai gain yang tinggi. Rangkaian PA yang ditambahkan rangkaian penyesuaian impedansi juga mempengaruhi nilai *gain* dengan *gain* awal sebesar 14,190 dB. Setelah ditambahkan rangkaian penyesuaian impedansi nilai gain naik menjadi 17,838 dB. Adapun hasil simulasi PA terdapat pada gambar 11.



Gambar 11. S_{21} (Gain) dan S_{12} (Isolation) PA



Gambar 12. S_{11} dan S_{22} LNA



Gambar 13. S_{11} dan S_{22} PA

Gambar 12 dan 13 merupakan hasil simulasi *input* dan *output return loss* LNA serta PA. Hasil simulasi *return loss* sesuai dengan spesifikasi teknis yakni <-10 dB sehingga telah memenuhi persyaratan *match* beban dan saluran.

V. PENUTUP

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Low Noise Amplifier yang dirancang memiliki gain 10,965 serta NF 0,745 dB dan Power Amplifier dengan gain 17,838 dB telah memenuhi spesifikasi teknis sehingga dapat digunakan untuk penguat dua arah pada *smart antenna*.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Laboratorium Telekomunikasi dan Gelombang Mikro Institut Teknologi Bandung menjadi tempat penulis untuk merancang simulasi dan mencari bahan yang terkait dengan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] A. Nugroho, "Simulasi dan Disain LNA (*Low Noise Amplifier*) Pada Frekuensi 2,3 GHz", Fakultas Teknik Departemene Elektro Universitas Indonesia, Depok, Juli 2009.
- [2] H.K.Yilmaz and K.Yeğin, "Switch less Bidirectional RF Amplifier For 2,4 GHz Wireless Sensor Networks", *International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT)* Volume 2, Issue 4, July 2013.
- [3] A. Nugroho, "Simulasi dan Disain LNA (*Low Noise Amplifier*) Pada Frekuensi 2,3 GHz", Fakultas Teknik Departemene Elektro Universitas Indonesia, Depok, Juli 2009.
- [4] Behzard Razavi, "RF Microelectronics", Second Edition, Prentice Hall
- [5] David M Pozar, "Microwave Engineering", Addison Wesley 2004.
- [6] M.A. Othman, M.M. Ismail, H.A. Sulaiman, M.H. Misran, M.A. Meor Said, "LC Matching Circuit Technique For 2.4 Ghz LNA Using ATF 54143", *International Journal of Engineering Research and Application (IJERA)* Vol. 2, Issue4, Juli-Agustus 2012.
- [7] S. Rasidah, Amiza Rasmi, S.M. Mohd Hassan, Mohd Razman Yahya, "15 GHz Medium Power Amplifier Design for Ku-Band Applications", *RSM2011 Proc.*, 2011, Kota Kinabalu, Malaysia.

Menaikkan Efisiensi Proses Produksi Lampu Pijar Dengan Penerapan *Lean Six Sigma Concept*

H HARISUPRIYANTO

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Kampus Keputih Sukolilo Surabaya 60111

E-mail; hariqive@yahoo.com

Abstrak - Aktivitas produksi merupakan aktivitas utama dalam manufaktur. Bila salah satu aktivitas produksi mengalami kegagalan maka akan berpengaruh pada kualitas dan kapasitas produksi. Kegagalan biasanya terindikasi dari *waste*/pemborosan yang muncul di sepanjang *value stream*. Terdapat indikasi *defect* yang tinggi melebihi 9% pada proses *finishing* dan *waiting* di mesin *mounting*.

Permasalahan utama adalah adanya *waste*/pemborosan yang mengakibatkan penurunan kualitas dan kapasitas produksi. Sehingga tujuan utama untuk menjawab permasalahan di atas adalah identifikasi *waste* yang terjadi di proses produksi, mencari akar penyebab terjadinya *waste*, dan membangun alternatif solusi perbaikan.

Metoda yang dipakai untuk menyelesaikan permasalahan adalah *Lean six sigma*. Konsep ini menelusuri permasalahan inefisiensi dengan mencari *non value added activity* yang menyebabkan adanya *waste* (pemborosan) di sepanjang *value stream*. Kemunculan *waste* selanjutnya diidentifikasi lebih dalam dengan *root cause analysis* (RCA) dan *failure mode and effects analysis* (FMEA). Hasil akhir dari FMEA adalah *risk priority number* (RPN) yang menggambarkan prioritas atas *mode* resiko untuk dilakukan perbaikan. Dari hasil prioritas dirancang 3 alternatif perbaikan yaitu pembentukan kelompok inspeksi, penelitian perbaikan kualitas, serta eksperimen untuk pengurangan material.

Dengan menggunakan pendekatan *value*, *performance* dan *cost* maka diperoleh alternatif terbaik yaitu pembentukan dan pelatihan kelompok inspeksi. Alternatif ini meningkatkan nilai *sigma* dari 2,92 *sigma* menjadi 3,08 *sigma*. Kenaikan nilai *sigma* tersebut memberi indikasi adanya penurunan tingkat *defect per million opportunities* (DPMO).

Kata Kunci: *Lean Six Sigma*, *Waste*, RCA, FMEA, DPMO

I. PENDAHULUAN

Dengan perkembangan teknologi maka industri berkembang sangat pesat. Inovasi produk dan proses semakin disederhanakan dan semakin mudah dilaksanakan. Perkembangan ini membuat persaingan pasar semakin ketat. Untuk menjaga kualitas produk diperlukan *continuous process improvement*.

Terdapat beberapa *value delivery process* diantaranya proses produksi, proses penjualan, dan proses yang lain

untuk mewujudkan *value* konsumen. Tidak sedikit perusahaan menemui hal-hal yang tidak diinginkan seperti timbulnya *waste*. Ini harus dihindari bila memungkinkan maka dihilangkan. Diperlukan pemikiran *lean* agar perusahaan dapat memberikan *value* maksimal dengan pemakaian *resource* yang minimal.

Data menunjukkan bahwa *reject* masih lebih dari 9%. Ini mengindikasikan adanya *value* yang harus diperbaiki. Bila dibandingkan dengan produksi pertahun yang mencapai 300 juta unit maka tingkat *reject* sebesar 9% adalah jumlah yang sangat besar dan berdampak pada *cost of non quality*.

Upaya improvisasi dan perbaikan kualitas terus dilakukan dengan berbagai metode dan konsep, salah satu diantaranya adalah *Lean six sigma*. Konsep ini merupakan salah satu jawaban untuk mengurangi *reject* dalam *production flow process*. Berdasarkan permasalahan di atas, maka tujuan dari tulisan ini adalah identifikasi *waste* yang terjadi di proses produksi, mencari akar penyebab terjadinya *waste*, dan membangun alternatif solusi perbaikan.

II. METODOLOGI

Quality improvement adalah upaya yang selalu dan terus menerus dijalankan oleh pihak manajemen perusahaan. Tujuan utamanya adalah untuk mereduksi adanya pemborosan (*waste*). Secara umum metodologi yang dipakai akan mengikuti tiga tahap, yaitu tahap informasi dan identifikasi, tahap analisa dan tahap *generate alternative*.

Tahap pertama, informasi dan identifikasi; adalah tahap pencarian informasi yang berhubungan dengan timbulnya problem. Diperlukan identifikasi awal berupa *supplier*, *input*, *process*, *output*, dan *customer* (SIPOC). Selain itu identifikasi proses dapat dilakukan dengan memakai *value stream mapping*. Dari kedua identifikasi tersebut penelusuran problem terutama *waste* (pemborosan) akan diketahui. Pemborosan sering terindikasi dari adanya *non value added activity*. Pada tahap awal ini berdasarkan

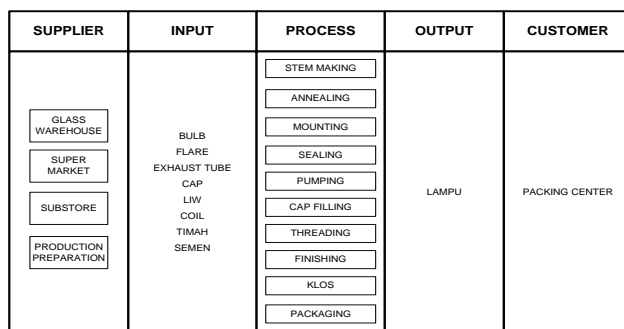
pada data pemborosan maka dapat dihitung nilai *sigma* awal.

Tahap kedua, analisa. Dari tahap pertama selanjutnya dilakukan analisa untuk menentukan *waste* kritisnya. Selanjutnya dicari akar penyebab masalah dengan pendekatan RCA (*root cause analysis*). Untuk mengetahui prioritas yang dipentingkan dapat didekati dengan FMEA (*failure mode and effect analysis*).

Tahap ketiga, *build alternative*. Tahap ini adalah memilih alternatif yang memungkinkan untuk dijalankan perusahaan. Pemilihan didasarkan pada *risk priority number* (RPN) yang diperoleh dari FMEA. Langkah terakhir adalah memilih alternatif terbaik.

III. HASIL

Produk yang dipakai sebagai penelitian adalah lampu pijar yang seluruh komponennya dapat dilihat di bawah ini. Sistem produksi dapat dipetakan secara sederhana dengan penggambaran SIPOC. Secara umum, supplier, input, process, output, dan customer (SIPOC) dapat dilihat pada diagram berikut.



Gambar 1 SIPOC Diagram

Berdasarkan pada identifikasi awal terdapat indikasi proses yang kurang bagus. Indikasi tersebut terlihat dari besarnya *uptime* dan *yield*. Besarnya *uptime* merupakan jumlah waktu yang digunakan terhadap waktu total produksi. Indikator *uptime* adalah timbulnya *downtime* mesin. Dari perhitungan *downtime* menunjukkan bahwa mesin *mounting* merupakan mesin dengan prosentase waktu *uptime* terendah.

Yield menunjukkan kemampuan proses untuk membuat produk yang kontinyu dan sesuai. Dalam mesin *finishing* memiliki *yield* terendah. Kedua indikasi tersebut menunjukkan *non value added activity*, yakni proses *mounting* dan proses *finishing*. Aktivitas-aktivitas di dua mesin tersebut mempunyai aktivitas yang berpotensi untuk menimbulkan *waste*.

Lean manufacturing merupakan sebuah konsep berpikir dalam manufaktur untuk mengurangi terjadinya *non value added activity*. Konsep ini mengarahkan untuk mengklasifikasikan terlebih dahulu aktivitas-aktivitas yang dilakukan selama proses berlangsung. Aktivitas-

aktivitas ini dibedakan menjadi tiga klasifikasi, yakni *value added activity*, *non value added activity*, dan *necessary non value added activity*.

Pengolahan data menunjukkan bahwa total *value added activity* 31.7%, total *necessary but non value added activity* adalah 56.8%, dan total *non value added activity* adalah 11.5%. Sementara itu, jumlah *necessary but non value added activity* yang cukup besar dapat menimbulkan berbagai kemungkinan; artinya aktivitas tersebut dapat berpindah ke *value added activity*, atau bahkan proses tersebut dapat menjadi *non value added activity*.

Identifikasi *lean concept* dilakukan terhadap sembilan tipe *waste*, yakni E-DOWNTIME *waste*. Jenis *waste* ini meliputi *Environmental, Safety, and Health (EHS), Defect, Over Production, Waiting, Not utilizing employee, Transportation, Inventory, Motion, dan Excessive processing waste*. Untuk menunjukkan besaran *waste* maka indikator utamanya adalah jumlah *defect*.

Mesin *finishing*, yang memiliki tingkat *yield* terendah, memiliki *defect* sebesar 7.93%. Nilai DPMO adalah (jumlah *defect*/total unit)*1000000/CTQ= 79316.44284 unit. DPMO tersebut sama dengan nilai sigma sebesar =

$$0.8406 + \sqrt{29.37 - (2.221 \times \ln(DPMO))} = 0.8406 + \sqrt{29.37 - (2.221 \times \ln 79316.4)} = 2,92$$

Waiting merupakan kondisi dimana peralatan produksi berhenti. Kejadian ini berkaitan erat dengan waktu *downtime* mesin. *Downtime* yang terjadi di dalam proses dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yakni *planned downtime* dan *financial downtime*.

Planned downtime merupakan *downtime* yang terencana. Kegiatan-kegiatan yang termasuk *planned downtime* adalah *preventive maintenance*, hari libur, rapat dan pelatihan, tidak ada *order*, dan cuti. Sedangkan kegiatan-kegiatan yang termasuk *financial downtime* adalah tidak tersedianya energi, material kosong, pekerja mangkir, *changeover*, *cleaning*, *breakdown*, *adjustment*, *empty position*, dan berhentinya mesin secara tiba-tiba.

Dari sudut pandang *financial waste*, tingkat *defect* di mesin *finishing* memegang peranan penting. Ini disebabkan oleh banyaknya material yang bergabung di proses ini. *Financial waste* yang ditimbulkan dari jumlah *defect* yang terjadi pada mesin *finishing* adalah sejumlah produk yang *defect* dikalikan dengan biaya yang ditimbulkan. Jumlah *defect* pada mesin *finishing* adalah 7.93%. Dengan actual output rata-rata tiap minggu sebesar 6.321.527 unit, maka kemungkinan jumlah *defect* dari mesin *finishing* adalah sebesar 368.172 unit. Dengan menggunakan asumsi biaya produksi sama dengan harga jual, yaitu Rp. 5000, maka *financial waste* dari mesin *finishing* ini adalah 368.172 unit x Rp. 5000/unit = Rp. 1.840.860.000

Biaya tiap bulan, yang harus ditanggung adalah Rp. 1.840.860.000 x 4= Rp. 7.363.440.000

Waiting merupakan kondisi dimana peralatan produksi berhenti. Kejadian ini berkaitan erat dengan waktu *downtime* mesin. *Downtime* yang terjadi di dalam proses dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yakni *planned downtime* dan *financial downtime*. Proses *mounting* merupakan proses dengan prosentase *uptime* terendah. Hal ini mengindikasikan tingginya *downtime*.

Financial waste yang diakibatkan oleh adanya *waiting* ini adalah hilangnya waktu proses yang sebenarnya bisa digunakan untuk memproduksi lampu. Secara umum, *financial downtime* yang terjadi adalah sebesar 27.79% dari total kapasitas produksi.

Jika kapasitas produksi rata-rata total mingguan adalah 6.321.527, maka waktu terbuang karena *financial downtime* adalah sebesar $27.79\% \times 6.321.527 = 1.731.798$. Maka biaya *opportunity* tiap minggu adalah $\text{Rp. } 5000 \times 1.731.798 = \text{Rp. } 8.658.990.000$.

Biaya *opportunity* perusahaan tiap bulan adalah $\text{Rp. } 8.658.990.000 \times 4 = \text{Rp. } 34.635.960.000$.

Perhitungan lebih lanjut dilakukan untuk mengetahui dampak *downtime* pada mesin *mounting*. Total *downtime* mesin *mounting* adalah 18.9%. Sehingga biaya *downtime* yang diakibatkan oleh mesin *mounting* adalah $18.9\% \times \text{Rp. } 34.635.960.000 = \text{Rp. } 6.234.472.800$.

Dengan cara yang sama maka biaya yang ditanggung perusahaan akibat adanya proses *Excessive processing waste* adalah sebesar $\text{Rp. } 246.748.349$ tiap minggu. Dalam satu bulan, biaya yang ditanggung perusahaan dalam menangani *rework* adalah sebesar $\text{Rp. } 246.748.349 \times 4 = \text{Rp. } 986.993.394$.

Untuk menentukan *waste* yang akan menjadi fokus amatan, perusahaan memiliki kebijakan untuk memperhatikan dan memperbaiki *waste* yang memiliki dampak *financial* terbesar. Oleh karena itu, dari perhitungan biaya yang timbul akibat *waste* yang terjadi maka EHS *waste* $\text{Rp. } 1.668.781.943$; *Defect waste* $\text{Rp. } 7.363.440.000$; *Waiting waste* $\text{Rp. } 6.234.472.800$; *Excessive processing waste* $\text{Rp. } 986.993.394$. dan pemborosan lainnya mempunyai biaya lebih kecil.

Dua *waste* dengan kontribusi *financial* terbesar adalah *defect*, dan *waiting waste*. Selanjutnya, analisa akan dilanjutkan terhadap penyebab terjadinya *waste* yang memiliki *financial waste* terbesar.

Perhitungan menunjukkan bahwa *financial waste* yang berasal dari kejadian *defect* adalah yang paling besar dan terjadi di mesin *finishing*. Hal ini dikarenakan jumlah material yang terbawa ketika memasuki mesin *finishing* adalah paling besar. Untuk mengetahui akar permasalahan yang menyebabkan terjadinya *defect* digunakan metode RCA (*roots cause analysis*).

TABEL I. ROOT CAUSE ANALYSIS DEFECT

Waste	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
Defect	Lampu tidak	Coil lampu	Coil tidak sesuai	Coil lolos sortir	Jumlah jenis

	nyala	putus	sepesifikasi		coil banyak
			Tegangan arus listrik besar	Setting uji nyala tak sesuai	
		LIW tidak terputus	Pisau pemotong tidak mampu memotong LIW	Pisau pemotong kotor	
				Pisau pemotong renggang	

Defect sortir bocor merupakan *defect* yang terjadi karena inspeksi terhadap nyala lampu. Lampu yang menyala biru atau putih mengindikasikan adanya kebocoran. Kebocoran lampu merupakan salah satu jenis *defect* karena lampu yang bocor akan menyala tidak sempurna. Selain itu, jika udara yang masuk ke dalam lampu adalah oksigen, maka akan terbakar di dalam lampu. Pada akhirnya, lampu akan menyala hitam. Kebocoran-kebocoran ini diakibatkan oleh satu hal utama, yakni retak.

TABEL 2. ROOT CAUSE ANALYSIS DEFECT BOCOR

Waste	Sub Waste	Why 1	Why 2	Why 3
Defect	bocor	Produk yang dihasilkan retak	Bulb retak	Material bulb kurang baik
			Flare retak	Material flare kurang baik
			Retak hasil pinching	Proses penanganan kurang hati-hati
				Gunting pinching renggang
				Setting pinching burner kurang tepat
				Setting gas pengisi kurang tepat

Setelah didapatkan akar-akar penyebab terjadinya *waste*, maka dicari penyebab utama terjadinya *waste* dengan *failure mode and effect analysis* (FMEA). Metoda ini menelusuri kegagalan dengan 3 faktor yaitu *severity*, *occurrence* dan *detection*. Hasil akhir dari FMEA adalah nilai RPN (*risk priority number*).

TABEL 3. FMEA DEFECT WASTE

Waste	Potential Effect	Severity	Potential Causes	Occurrence	Detection	RPN
defect	Lampu reject, tidak dapat diperbaiki	7	jenis coil yang dibutuhkan banyak	3	6	126

Lampu menyala gelap (hitam atau putih), umur lampu pendek, lampu <i>reject</i> , tidak dapat diperbaiki	6	Material <i>bulb</i> kurang baik	8	5	240
	6	Material <i>flare</i> kurang baik	8	5	240
	6	Setting <i>pinching burner</i> kurang tepat	4	4	96
	6	Setting gas pengisi kurang tepat	3	3	54
	5	LIW bengkok	5	4	100
Lampu <i>reject</i> , perlu <i>dirework</i>	5	tekanan pengarah LIW samping kurang	2	5	50
	5	LIW bengkok	5	4	100
Lampu <i>reject</i> , tidak dapat diperbaiki	6	gunting <i>pumping</i> kurang sesuai	4	5	120
	6	Lubang dipenuhi kotoran sisa proses	5	3	90

Dari FMEA di atas, didapatkan empat penyebab utama terjadinya *defect waste*, yakni banyaknya jenis *coil* yang dibutuhkan dalam proses produksi, material *bulb* dan *flare* yang kurang bagus, setting *pinching burner* yang kurang sesuai, pemegang *cap* yang tidak stabil, *vitrite cap* pecah, gunting *pumping* kurang sesuai, lubang dipenuhi kotoran, serta *coil* putus karena mesin *pumping* dan mesin *sealing*.

TABEL 4. ALTERNATIF PERBAIKAN YANG MUNGKIN UNTUK SETIAP ROOT CAUSES

Root cause	Improvement
Potongan kaca tercecce	memperbaiki SOP lini produksi
Defect yang tinggi	melakukan perbaikan pada proses produksi
Material <i>bulb</i> kurang baik	memperbaiki kualitas material
gunting <i>pumping</i> kurang sesuai	melakukan pengecekan berkala terhadap gunting <i>pumping</i>
Lubang dipenuhi kotoran sisa proses	melakukan pembersihan secara berkala
<i>roller element</i> rusak	perubahan jadwal <i>maintenance</i> untuk <i>roller element</i>
setting posisi <i>button burner</i> kurang sesuai	pengecekan berkala untuk <i>button burner</i>
Setting gas pembakaran kurang sesuai	pengecekan setting gas pembakaran secara berkala

Dari alternatif-alternatif yang muncul di atas, terdapat beberapa kesamaan. Disimpulkan tiga alternatif solusi yang dapat dilakukan, yakni 1, pelatihan dan pembentukan tim inspeksi proses; 2, penelitian untuk

memperbaiki kualitas produk dan alternatif 3, penelitian untuk mengurangi jumlah material.

Kriteria yang digunakan untuk menilai alternatif perbaikan adalah Jumlah *defect* (0,4); *downtime* (0,3) dan Jumlah output (0,3). Dari alternatif utama di atas diperoleh delapan buah kombinasi alternative.

Hasil perhitungan *value* di atas menunjukkan bahwa alternatif 1 adalah yang paling baik untuk diaplikasikan, yakni dengan melakukan pembentukan tim inspeksi proses. Tim ini akan melakukan beberapa aktivitas untuk mengurangi terjadinya *defect* dan *waiting waste*. Artinya tim inspeksi proses merupakan sebuah tim yang akan bertugas sebagai operator dan tim *maintenance*. Dibutuhkan pelatihan kepada tim untuk melakukan pengecekan dan perbaikan terhadap *part* kritis yang menyebabkan *breakdown*. Beberapa tugas dari tim inspeksi proses adalah pembersihan lini produksi secara berkala, pengecekan dan perbaikan setting *button burner*, pengecekan dan perbaikan terhadap *inserting element*, pengecekan dan perbaikan posisi *roller element*, pengecekan dan perbaikan setting *pumping*

TABEL III. VALUE SETIAP ALTERNATIF

Alternatif	Bobot kriteria			Performance (P)	Cost (C) •1000000	Value
	Defect	Downtime	Output			
	0.4	0.3	0.3			
0	3	3	5	3.20	18,266,	1.00
1	5	5	5	5.00	24,729,	1.15
2	6	3	6	4.65	25,254,	1.05
3	4	4	5	4.10	27,776,	0.84
1,2	7	6	7	6.55	68,250,	0.55
1,3	5	5	5	5.00	70,772,	0.40
2,3	6	4	7	5.20	71,297,	0.42
1,2,3	6	5	7	5.65	96,027,	0.34

Alternatif 1 ini akan membawa perbaikan untuk mesin *finishing* sehingga *defect* menurun dari 29,51% ke 28,22%. Nilai *sigma defect* mesin *finishing* akan meningkat dari 2,92 *sigma* menjadi 3,08 *sigma*. Sedangkan secara *financial*, jumlah *defect* di mesin *finishing* ini akan menurunkan *financial waste* sebesar 13,08 % atau penurunan *financial waste* adalah sebesar Rp. 2.073.544.704.

Dari sudut pandang *waiting*, terjadi penurunan total *downtime* mesin *mounting* dari 5550 menjadi 3690 atau 33,51%. Nilai penurunan *financial waste* adalah sebesar 33,51% x Rp. 6.234.472.800 = Rp. 2.089.390.884

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik adalah.

1. Dengan aplikasi *lean six sigma* dapat ditemukan dua *waste* utama yakni *defect*, dan *waiting waste*
2. Terdapat beberapa faktor penyebab terjadinya *waste*. Pertama terdapat *defect waste* di mesin *finishing* dan penyebab terjadinya *waiting* di mesin *mounting* diakibatkan oleh rusaknya *roller*, dan *setting burner*.
3. Alternatif yang mungkin untuk dikerjakan adalah pembentukan tim inspeksi proses.
4. Penurunan *defect* dan *downtime* mesin menunjukkan terjadi peningkatan efisiensi.

REFERENSI

- [1] Allan-Bradley, Illumination Selection For Indicator Lights. Rockwell Automation, 2003.
- [2] Allan- Arthur, *Lean Six Sigma Demystified : Hard Stuff Made Easy* (2nd Edition), New York, Mc Graw Hill, 2011.
- [3] T. E. Austin, Application of Six Sigma Methodologies to Improve Requirements management for Customer Programs. *2006 SAE World Congress*. Detroit, Michigan, US: SAE Technical Paper Series, 2006.
- [4] R. R Cima, U.se of Lean and Six Sigma Methodology to Improve Operating Room Efficiency In A High Volume Tertiary-Care Academic Medical Center. *American College of Surgeon*, 2011.
- [5] P. Hines, & D. TayloR, *Going Lean*, Cardiff, Lean Enterprise Research Centre, 2000.
- [6] G. S. Network, *Lean and Clean Value Stream Mapping*, 2011.
- [7] T. Pyzdek & P. A. Keller, *The Six Sigma Handbook. A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels*. New York: Mc. Graw Hill. Inc., 2010.
- [8] S. Ramamoorthy, *Lean Six-Sigma Application in Aircraft Assembly*. Master of Science, University of Madras, 2007.
- [9] H. Wang, A Review of Six Sigma Approach: Methodology, Implementation, and Future Research *IEEE.*, 2008.

PEMANFAATAN SYNGAS DARI *CIRCULATING FLUIDIZED BED GASIFIER* UNTUK MEREDUKSI KONSUMSI BBM PADA GENSET 5 KVA

Sugiyatno, M. Affendi, Imam Djunaedi, Haifa Wahyu

Email: sugi025@lipi.go.id, affendi_lipi@yahoo.com

Pusat Penelitian Fisika – LIPI, jalan Cisitua Komplek LIPI Bandung 40135

Abstrak - Indonesia merupakan negara yang kaya akan limbah biomassa pertanian seperti sekam padi, limbah kopi, tongkol jagung, serbuk kayu, limbah tapioka dan lainnya yang sangat potensial untuk dimanfaatkan menjadi sumber energi. Untuk memanfaatkan limbah biomassa menjadi sumber energi tersebut, salah satunya adalah dengan proses gasifikasi. Hasil uji coba yang dilakukan oleh kelompok Energi Puslit Fisika – LIPI dengan menggunakan gasifikasi jenis *circulating fluidized bed* – CFB (unggun terfluidisasi dan tersirkulasi) akan dihasilkan *syngas* (*syntetic gas*) atau *producer gas* dari limbah biomassa melalui proses dekomposisi termal yang menghasilkan gas mampu bakar. Reaktor CFB yang diinstalasi di Puslit Fisika – LIPI mempunyai kapasitas laju bahan bakar biomassa sekitar 20 kg/jam, yang dapat digunakan untuk membakar limbah biomassa seperti serbuk kayu, sekam padi, slugge pabrik kertas, cangkang sawit dan yang lain. Hasil pengujian gasifikasi dengan bahan bakar serbuk kayu menghasilkan *syngas* berupa H_2 (5,67%), CO (8,00%), CH_4 (8,50%), C_nH_m (3,63%). *Syngas* yang dihasilkan oleh Gasifier CFB selanjutnya disuntikkan pada inlet udara genset kapasitas 5 kVA, sehingga akan mereduksi pemakaian bahan bakar minyak (solar) berkisar 60 - 70 %. Diharapkan hasil penelitian ini akan dapat berkontribusi pada penurunan pemakaian bahan bakar minyak, dan dapat diaplikasikan pada mesin-mesin genset di daerah pertanian.

Kata kunci : Gasifikasi, biomassa, *syngas*, reduksi bbm

Abstract - Indonesia is a country rich in agricultural biomass waste such as rice husks, coffee waste, corn cobs, sawdust, starch and other wastes that are potential to be utilized as an energy source. To take advantage of biomass waste into energy sources, one of them is the gasification process. The results of trials carried out by Energy group on Research Centre of Physics - LIPI using *circulating fluidized bed* gasification types - CFB (*circulating fluidized bed*). CFB Gasifier will produce *syngas* from biomass waste through thermal decomposition process that produces fuel syntetic gas. CFB reactor installed at the Research Center for Physics - LIPI has a capacity of biomass fuel rate of about 20 kg /h, which can be used to burn waste biomass such as sawdust, rice hulls, slugge paper mills, palm shells and others. Results of these tests with fuel of saw dust produce *syngas* in the form of H_2 (5.67%), CO (8.00%), CH_4 (8.50), C_nH_m (3.63%). *Syngas* by CFB Gasifier hereinafter injected at the air inlet

capacity of 5 kVA generator, so it will reduce the use of fuel oil (diesel oil) range from 60-70%. We hope this research will contribute to a reduction in oil fuel consumption, and can be applied to genset in agricultural area.

Keywords: gasification, biomass, *syngas*, fuel reduction

I. PENDAHULUAN

Tantangan dalam pengadaan dan kecukupan serta ketersediaan energi nasional saat ini cukup besar seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk Indonesia dan juga meningkatnya kesejahteraan. Bila dibandingkan dengan negara-negara berkembang lainnya pemakaian energi per kapita Indonesia saat ini masih relatif rendah. Hal ini antara lain disebabkan oleh keterbatasan akses ke sumber energi terutama energi komersial. Adanya peningkatan penggunaan dan permintaan energi menghendaki tersedianya energi dalam jumlah yang memadai dan terjangkau, serta akses ke energi yang lebih luas agar standar hidup masyarakat dapat meningkat.

Di lain pihak, ketersediaan sumber energi tidak terbarukan di Indonesia, terutama yang berbasis pada bahan bakar minyak bumi dan batubara semakin menipis yang tidak diimbangi dengan eksplorasi yang intensif. Dalam Peraturan Presiden RI No. 5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional yang bertujuan untuk meningkatkan keamanan pasokan energi dalam negeri, ditetapkan bahwa untuk terwujudnya energi primer (mix) pada tahun 2025, maka peranan energi baru dan terbarukan (EBT), termasuk biomassa dalam konsumsi energi nasional harus meningkat minimal 5%.⁽¹⁾ Jika dilakukan penggabungan berbagai sumber EBT untuk menjadi energi listrik dengan sistem hybrid, maka jenis energi EBT ini akan mampu bersaing dengan energi konvensional berbasis BBM.

Dalam Peraturan Presiden (Perpres) No. 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK) adalah merupakan pedoman perencanaan, pelaksanaan, monitoring, dan evaluasi penurunan emisi Gas Rumah Kaca. Peraturan Presiden (Perpres) No. 61 Tahun 2011 tentang Rencana

Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK) untuk memenuhi komitmen pemerintah RI dalam menurunkan emisi gas rumah kaca sebesar 26% dengan usaha sendiri atau mencapai 41% dengan bantuan internasional pada tahun 2020, yang dalam hal ini banyak ditekankan penggunaan bioenergi. ⁽²⁾

Dalam Undang- Undang No. 30 Tahun 2007 tentang Energi, disebutkan bahwa ⁽³⁾:

- Pemanfaatan energi baru dan energi terbarukan wajib ditingkatkan oleh Pemerintah dan pemerintah daerah.
- Pemanfaatan energi dari sumber energi baru dan sumber energi terbarukan yang dilakukan oleh badan usaha, bentuk usaha tetap, dan perseorangan dapat memperoleh kemudahan dan/atau insentif dari Pemerintah dan/atau pemerintah daerah sesuai dengan kewenangannya untuk jangka waktu tertentu hingga tercapai nilai keekonomiannya.

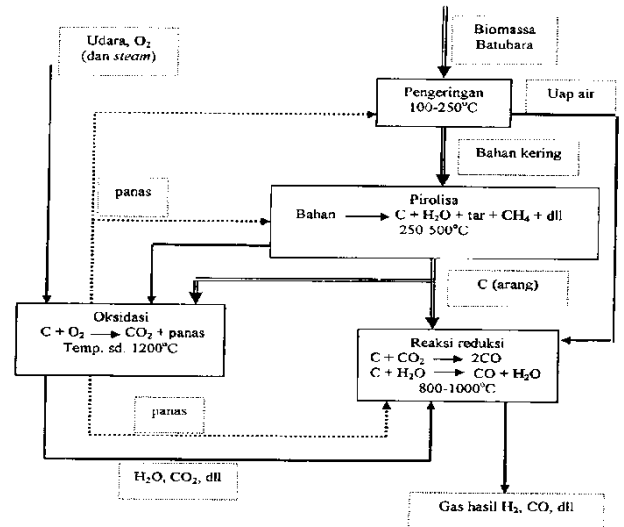
Dari ketiga perundang-undangan tersebut menunjukkan betapa pentingnya peningkatan pemakaian energi terbarukan, yang berarti penggunaan sumber energi dari biomassa perlu dikembangkan, serta pemerintah perlu terus mendorong pemanfaatan potensi energi terbarukan lainnya di Indonesia.

Teknik dekomposisi bahan biomassa secara termal dengan bahan baku biomassa berupa tandan kosong kelapa sawit, serbuk gergaji kayu, sampah organik, dan batubara muda (lignit), merupakan limbah biomassa yang potensial untuk dimanfaatkan dan diolah menjadi sumber energi terbarukan. Hasil reaksi dekomposisi berupa campuran gas hidrogen (H_2), gas metan (CH_4) dan karbonmonoksida (CO) yang biasa disebut *syngas* adalah merupakan sumber energi yang dapat digunakan langsung sebagai bahan bakar atau jika diproses lebih lanjut dapat dijadikan bahan kimia atau bahan bakar cair.

II. KAJIAN LITERATUR

Proses gasifikasi adalah suatu proses termokimia yang menghasilkan gas bahan bakar yang disebut gas produser atau *syngas* terdiri dari CO , CH_4 , C_mH_n , H_2 . Proses gasifikasi terdiri dari dua proses utama, yaitu proses pirolisis yang melepaskan komponen volatile dari bahan bakar pada temperatur di bawah $600^\circ C$. Produk samping dari tahap ini tidak diuapkan dan disebut arang. Pada tahap kedua proses gasifikasi, terjadi pereaksi antara karbon dengan udara/oksigen murni yang akan menghasilkan gas karbon monoksida (CO) dan hidrogen (H_2) serta gas metan (CH_4). Adapun

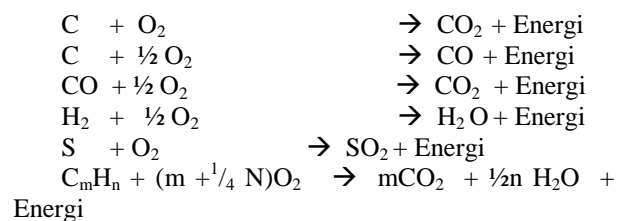
reaksi kimia pada proses gasifikasi secara umum ditunjukkan pada Gambar 1 ^[4, 5].



Gambar 1. Diagram Tahapan proses Gasifikasi

Dari proses gasifikasi tersebut akan menghasilkan gas bakar yang terdiri dari CO , H_2 , CH_4 , C_mH_n , serta menghasilkan gas lainnya, diantaranya CO_2 , N , H_2O (gas) yang tidak dapat terbakar. Agar gas produser dapat digunakan sebagai syngas yang bebas abu dan tar serta untuk selanjutnya dapat digunakan sebagai bahan bakar *dual-fuel* (bahan bakar ganda) oleh mesin diesel/Genset.

Suatu bahan bakar dari jenis hidrokarbon, baik yang berasal dari fosil maupun lainnya, pada dasarnya terdiri dari karbon, oksigen dan hidrogen yang mana dalam proses pembakaran pada mesin diesel akan bereaksi dengan oksigen yang akan membentuk karbon dioksida, karbon monoksida dan uap air, dengan mengeluarkan energi panas sebagai hasil pembakarannya yang akan digunakan untuk menggerakkan generator yang akan menghasilkan listrik. Reaksi pembakaran (Stoikiometrik) dapat diberikan sebagai berikut ⁽⁶⁾:



Sebagaimana telah diterangkan, bahwa dalam proses gasifikasi akan dihasilkan gas bakar berupa CO , CH_4 , C_mH_n , H_2 , maka gas ini akan dapat digunakan untuk mensubstitusi pemakaian bakar bakar yang berasal dari

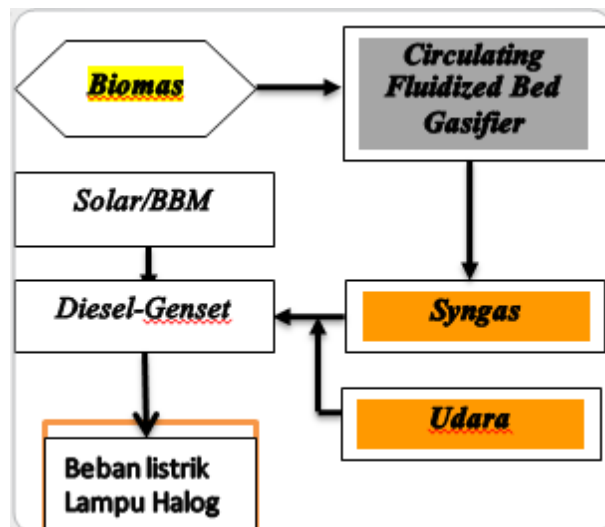
hidrokarbon berupa BBM (solar rata-rata rumus kimianya $C_{12}H_{23}$), sehingga akan mereduksi penggunaan BBM. Untuk melihat pengaruh dari pemanfaatan syngas dilakukan dengan indikator *specific fuel consumption* dari genset, yaitu bahan bakar minyak yang dibutuhkan untuk menghasilkan listrik sebesar 1 kW, atau dapat dirumuskan sebagai ⁽⁷⁾:

$$SFC = \frac{\text{Konsumsi BBM (lt)}}{\text{Output listrik (kWh)}}$$

Maka berarti bahwa semakin kecil harga SFCnya, maka pemakaian BBMnya semakin hemat, dan sebaliknya semakin besar SFC maka pemakaian BBM semakin boros.

III. METODOLOGI

Pada pengujian ini dilakukan dengan cara memasukkan *syngas* kedalam genset bersamaan dengan udara, sebagaimana ditunjukkan pada diagram dalam Gambar 1. Pengujian dilakukan dengan membebani genset dengan variasi yaitu 0 kW, 1 kW, 2 kW, 3 kW dan 4 kW digunakan bahan solar (BBM) sebagai perhitungan dasarnya, kemudian dilakukan pengujian dengan sistem bahan bakar ganda yaitu BBM dan *syngas*, sebagaimana terlihat dalam Gambar 1.



Gambar 2. Diagram Pembangkit Listrik Dual Fuel

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dengan bahan bakar serbuk kayu menghasilkan komposisi *syngas* sebagaimana terlihat dalam Tabel 1., yang menunjukkan bahwa kandungan gas yang dihasilkan mengandung komponen-komponen gas bakar yang akan diperlukan untuk mensubstitusi bahan bakar BBM pada genset.

TABEL 1. HASIL ANALISA GASIFIKASI

Komponen	Absorbent	Volume Air Pada Buret	% (Volume)
CO ₂	KOH 30 %	8ml	8%
CnHm	H ₂ SO ₄ KOH 30 %	8.8ml	0.8%
O ₂	Pyrogallol	10.8ml	2,00%
CO	I ₂ O ₅ KOH 30 %	19ml	8%
H ₂	H ₂ SO ₄	27.5ml = (8.5%x0.666)	5,67%
C ₃ H ₈	KOH 30 %	27.5ml = (8.5%x0.333)	2,83%
CH ₄	KOH 30 %	36ml	8,50%
N ₂	(sisa)	64ml	64,00%

Dari Tabel 1., ditunjukkan bahwa hasil proses gasifikasi menghasilkan *syngas* yang terdiri dari, CO, H₂, C₃H₈ dan CH₄ yang dapat dijadikan bakar BBM, namun ada gas ikutannya berupa CO₂, dan N₂ yang akan mengganggu proses pembakaran pada genset, dan proses ini yang dikaji dalam penelitian ini.

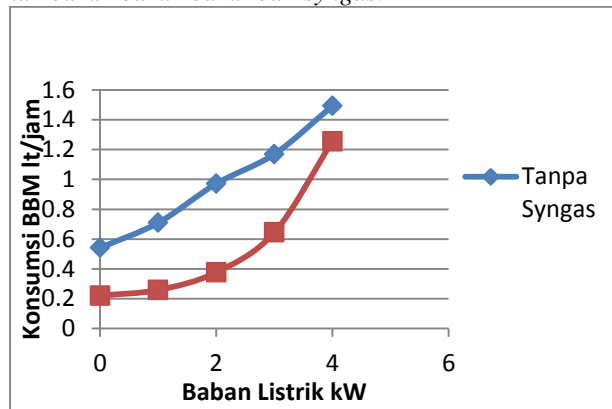
Pengujian dilakukan dengan menggunakan beban listrik berupa lampu halogen pada genset menggunakan BBM murni sebagai dasar perhitungan awal, dibandingkan dengan genset menggunakan bahan bakar ganda (BBM + *syngas*). Hasil pengujian dapat dilihat sebagaimana terlihat dalam Tabel 2.

TABEL 2. HASIL UJI GENSET

No.	Beban Listrik	Kons. BBM (jam/liter)		Beban Listrik (kW)		SFC (lt/kWh)	
		Tanpa Syngas	Dengan Syngas	Tanpa Syngas	Dengan Syngas	Tanpa Syngas	Dengan Syngas
1	Tanpa Beban	1,85	4,54	0	0	-	-
2	1 lampu Hal.	1,41	3,88	0,97	0,96	0,73	0,27
3	2 lampu Hal.	1,03	2,66	1,97	1,95	0,48	0,19
4	3 lampu Hal.	0,85	1,55	2,93	2,93	0,40	0,27
5	4 lampu Hal.	0,67	0,80	3,80	3,83	0,39	0,33

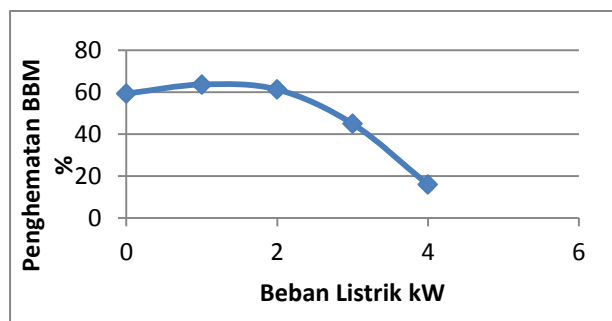
Pada Gambar 2, diperlihatkan bahwa dengan menggunakan beban genset yang sama terlihat bahwa genset dengan BBM murni, membutuhkan BBM lebih banyak dibandingkan bila genset menggunakan tambahan bahan bakar dari *syngas*. Hal ini disebabkan karena sebagian kebutuhan energi yang diperlukan oleh

genset sebagian diganti oleh energi yang berasal dari *syngas* (CO , CH_4 , H_2 , C_mH_n), sehingga terlihat bahwa SFC yang menggunakan bahan bakar BBM saja, akan selalu lebih tinggi dari pada yang menggunakan tambahan bahan bakar dari *syngas*.



Gambar 2. Grafik Komsumsi Pemakaian BBM Genset

Dengan membandingkan konsumsi bahan bakar BBM pada beban yang sama, maka hasilnya diperlihatkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Pengaruh Beban Terhadap Penghematan BBM

Terlihat bahwa, pada beban rendah akan naik hingga mencapai beban sekitar 2 kW, namun selanjutnya cenderung menurun. Hal ini disebabkan pada beban yang besar, maka kebutuhan oksigen pada reaksi pembakaran juga semakin besar, sehingga oksigen yang dibutuhkan dalam proses pembakaran tidak mencukupi, karena pada penelitian ini tarikan udara oleh genset sendiri. Untuk itu, pengaturan antara *syngas* dan udara perlu diatur, sehingga diperoleh hasil yang lebih optimal.

V. KESIMPULAN

1. Pemakaian *syngas* sebagai bahan bakar pada genset dual fuel dapat menghemat bahan bakar lebih dari 50 %
2. Pengumpanan *syngas* yang hanya dilakukan pada hisapan genset saja akan mempengaruhi penghematan pemakaian BBM, hal ini disebabkan karena jumlah oksigen yang tidak mencukupi untuk kebutuhan pembakaran pada pengoperasian genset dengan beban yang besar.
3. Pengaturan udara pada input genset sangat berpengaruh untuk meningkatkan optimalisasi pemakaian *syngas*.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian Fisika - LIPI yang telah berkenan membiayai kegiatan penelitian ini, serta rekan-rekan teknis di Kelompok Energi yaitu, Djumari, Purwadiyono, Endang Suryana, I Ktut Nuriya, Waluyo, Sri Marliyah, Sumaryoto, Dedeng Koswara yang telah membantu dalam menyiapkan dan pengambilan data dalam pengujian ini.

REFERENSI

1. ---, "Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 5 Tahun 2006, Tentang Kebijakan Energi Nasional", 2006
2. ---, "Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 61 Tahun 2011, Tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca", 2006
3. ---, "Undang Undang No. 30 Tahun 2007, Tentang Energi", 2007
4. Haiha Wahyu, dkk., "Biomassa Gasification for Power Generation Using Dual Chamber Circulating Fluidized Bed Reactor", Proceeding ASEAN COASAT 2014, LIPI Press, 2014
5. Susanto, H. "Pengujian PLTD-Gasifikasi Sekam 100 kW di Haurgeulis, Indramayu". *Laporan singkat* Pengoperasian PLTD-G sekam di Haurgeulis selama bulan September 2005, Dasar-dasar Proses Gasifikasi dan Pengalaman Teknik Kimia ITB dalam pengoperasian PLTD-Gasifikasi Sekam, 2005
6. AS. Cambell, "Thermodynamic Analysis of Combustion Engines", Ohn Winley & Son, 1979
7. Afendi, M., dkk., "Kajian Awal Potensi Penghematan BBM Dengan Gasifikasi Sekam Pada PLTD 100 kW di Haurgeulis Indramayu",

Prosiding Seminar Teknik Kimia Soehadi
Reksowardoyo-2008, 3-4 November 2008

Pembangunan Sistem Diagnosis Dan Rekomendasi Jaringan Komputer Berbasis *Quality Of Service*

Winarno Sugeng
Institut Teknologi Nasional
Jurusan Teknik Informatika
Bandung, Indonesia
winarno.sugeng@gmail.com

Wicky Aji Prabowo
Institut Teknologi Nasional
Jurusan Teknik Informatika
Bandung, Indonesia
wicky_ap@yahoo.com

Abstrak — Solusi yang diambil oleh pengambil keputusan terhadap masalah kualitas jaringan komputer pada umumnya adalah menaikkan *bandwidth*, pada kenyataannya tidak semua masalah kualitas jaringan komputer bersumber dari kurangnya *bandwidth*. Didasari keinginan untuk mengetahui faktor penyebab masalah kualitas jaringan komputer, dilakukan penelitian untuk mengembangkan sistem diagnosis dan rekomendasi jaringan komputer. Sistem diagnosis dan rekomendasi jaringan komputer berbasis *Quality Of Service* adalah diagnosis komponen jaringan dalam hal ini kualitas kabel dan sebagai media utama trafik data pada jaringan komputer, sedangkan rekomendasi dapat berupa rekomendasi komponen maupun jaringan pada umumnya berdasarkan hasil diagnosis komponen jaringan yang dilakukan pengujian.

Kata Kunci — kualitas layanan, jaringan komputer, *QoS*, diagnosis

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan akses internet saat ini sangat tinggi, baik untuk mencari informasi, artikel, pengetahuan terbaru atau hanya untuk chatting. Menurut laporan dari *International Telecommunications Union* (ITU), hingga akhir tahun 2014, jumlah pengguna internet di seluruh dunia diprediksi akan mencapai 3 miliar [1]. Jumlah 3 miliar tersebut sudah sama dengan 42 persen populasi penduduk bumi. Penduduk dunia diperkirakan akan mencapai lebih dari 7,2 miliar orang pada 1 Januari 2015. Menurut Biro Sensus Amerika Serikat, ini merupakan kenaikan lebih dari satu persen dibandingkan dengan satu tahun sebelumnya [2].

Dengan banyaknya kebutuhan akan akses internet maka kualitas jaringan harus berada pada kondisi yang baik. Untuk itu diperlukan sistem pendagnosisan dan rekomendasi kualitas jaringan internet agar pengguna Internet mendapatkan kualitas layanan yang baik. *Quality of Service* (QoS) adalah kemampuan sebuah jaringan untuk menyediakan layanan yang lebih baik lagi bagi layanan trafik yang melewatinya [3].

Tujuan dari penelitian ini adalah membangun sistem yang dapat mendiagnosis kualitas jaringan komputer berbasis *Quality of Service* (QoS) untuk memenuhi kriteria *Quality of Experience* (QoE).

Sistem Diagnosis dan Rekomendasi Jaringan Komputer Berbasis QoS. Sistem ini menggunakan parameter QoS untuk menentukan kualitas layanan jaringan komputer, yaitu: *delay*, *jitter*, *packet loss*, dan *throughput* untuk menentukan kualitas suatu jaringan komputer.

QoS (*Quality of Service*), sebagaimana dijelaskan dalam rekomendasi CCITT E.800 adalah efek kolektif dari kinerja layanan yang menentukan derajat kepuasan seorang pengguna terhadap suatu layanan. *Quality of Service* (QoS) adalah kemampuan sebuah jaringan untuk menyediakan layanan yang lebih baik lagi bagi layanan trafik yang melewatinya [3]. Dapat disimpulkan QoS (*Quality of Service*) adalah kemampuan suatu jaringan untuk menyediakan layanan yang baik dengan menyediakan *bandwidth* yang diharapkan, mengatasi *packet loss*, *jitter* dan *delay*. Berikut merupakan parameter QoS yang digunakan pada penelitian ini.

Throughput

Throughput, yaitu kecepatan (*rate*) transfer data efektif, yang diukur dalam bps. *Throughput* merupakan jumlah total kedatangan paket yang sukses yang diamati pada *destination* selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut [6], [9], [10].

TABEL 1. STANDAR KUALITAS POLITEKNIK TELKOM
UNTUK *THROUGHPUT*

<i>Throughput</i>	<i>Excellent</i>	100%
	<i>Good</i>	75%
	<i>Medium</i>	50%
	<i>Poor</i>	< 25 %

Packet Loss

Packet Loss, merupakan suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang, dapat terjadi karena *collision* dan *congestion* pada jaringan dan hal ini berpengaruh pada

semua aplikasi karena *retransmisi* akan mengurangi efisiensi jaringan secara keseluruhan meskipun jumlah *bandwidth* cukup tersedia untuk aplikasi-aplikasi tersebut [6], [9], [10].

TABEL 2. STANDAR KUALITAS TIPHONE TR 101 329 UNTUK *PACKET LOSS*

<i>Packet Loss</i>	<i>Excellent</i>	0%
	<i>Good</i>	3%
	<i>Medium</i>	15%
	<i>Poor</i>	25%

Delay (Latency)

Delay (latency) adalah waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan. *Delay* dapat dipengaruhi oleh jarak, media fisik, kongesti atau juga waktu proses yang lama [6], [9], [10].

TABEL 3. STANDAR KUALITAS ITU-T G.114 UNTUK *DELAY*

<i>Delay</i>	<i>Good</i>	0 - 150 ms
	<i>Medium</i>	150 - 400 ms
	<i>Poor</i>	> 400 ms

Jitter

Jitter, atau variasi kedatangan paket, hal ini diakibatkan oleh variasi-variasi dalam panjang antrian, dalam waktu pengolahan data, dan juga dalam waktu penghimpunan ulang paket-paket di akhir perjalanan *jitter* [6], [9], [10].

TABEL 4. STANDAR KUALITAS ITU-T G.114 UNTUK *JITTER*

<i>Jitter</i>	<i>Good</i>	0 s/d 20 ms
	<i>Medium</i>	20 s/d 50 ms
	<i>Poor</i>	> 50 ms

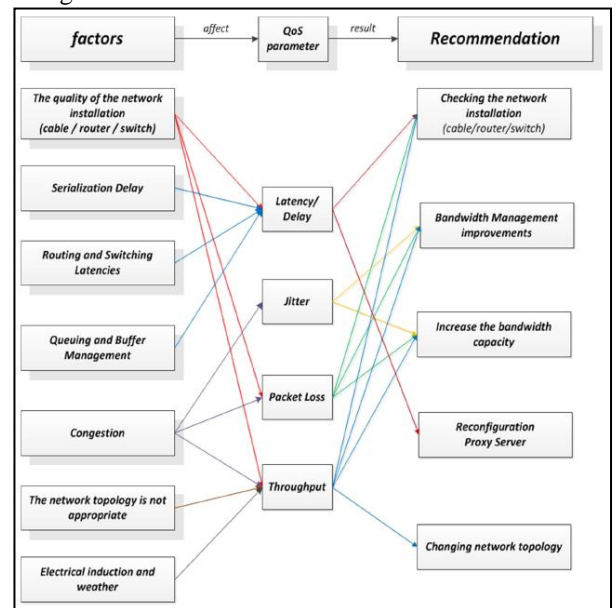
II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian dari pembangunan sistem diagnosis dan rekomendasi jaringan komputer adalah sebagai berikut

II.1. Peta Hubungan

Dari hasil analisis faktor yang mempengaruhi parameter QoS yang digunakan, didapatkan beberapa kesamaan faktornya seperti *congestion* yang berpengaruh terhadap *jitter*, *packet loss*, dan *throughput*. Untuk dampak dari parameter QoS yang digunakan, semuanya mengacu pada satu hal, yaitu memburuknya koneksi jaringan/koneksi jaringan menjadi lambat. Peta hubungan antara faktor yang mempengaruhi parameter QoS beserta akibatnya dan peta hubungan antara parameter QoS dan rekomendasinya terlihat pada Gambar 1. [4]. Berikut merupakan penjelasan dari peta hubungan parameter QoS.

- *Delay/latency*, faktor yang mempengaruhi nilai *delay* adalah kualitas instalasi jaringan(kabel/router/switch), *serialization delay*, dan *routing and switching latencies*. Rekomendasi untuk perbaikan nilai *delay*, dapat dilakukan pemeriksaan pada instalasi jaringan(kabel/router/switch) dan mengkonfigurasi ulang *proxy server*.
- *Jitter*, faktor yang mempengaruhi nilai *jitter* adalah *congestion* atau kepadatan data, sedangkan rekomendasi untuk perbaikan nilai *jitter* adalah melakukan *management bandwidth* dan meningkatkan *bandwidth*.
- *Packet loss*, faktor yang mempengaruhi nilai *packet loss* adalah kualitas instalasi jaringan dan *congestion*, sedangkan rekomendasi untuk perbaikan nilai *packet loss* adalah melakukan pemeriksaan pada instalasi jaringan, melakukan *management bandwidth*, dan menaikkan kapasitas *bandwidth*.
- *Throughput*, faktor yang mempengaruhi nilai *throughput* adalah kualitas instalasi jaringan, *congestion*, ketidak cocokan topologi jaringan, dan induksi listrik serta cuaca. Rekomendasi untuk perbaikan nilai *throughput* adalah melakukan pemeriksaan instalasi jaringan, melakukan *management bandwidth*, menaikkan kapasitas *bandwidth*, dan mengganti topologi jaringan yang digunakan.



Gambar 1. Peta Hubungan Faktor-Parameter-Rekomendasi [4]

II.2. Kebutuhan Perangkat Keras

Kebutuhan perangkat keras yang akan digunakan untuk keperluan implementasi sistem diantaranya sebagai berikut.

1. Minimal satu pasang komputer berbasis jaringan yang digunakan sebagai *client* dan *server*.

2. Kabel UTP dan *switch ports* sebagai komponen utama yang dilakukan diagnosis sebagai penentu kualitas layanan jaringan komputer.

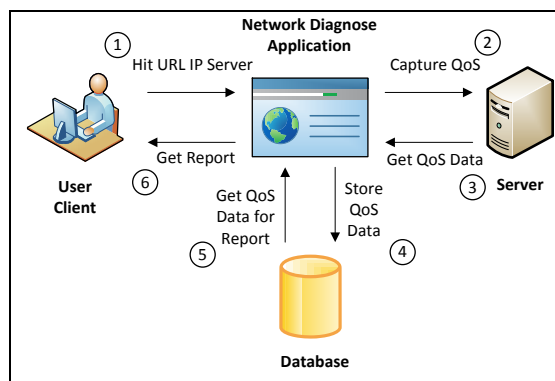
II.3. Kebutuhan Perangkat Lunak

Kebutuhan perangkat lunak yang akan digunakan untuk keperluan implementasi sistem sebagai berikut.

1. Linux Ubuntu *desktop* 14.04 LTS 64 bit, dibutuhkan sebagai *operating system* yang digunakan untuk PC *client*.
2. *Apache2*, dibutuhkan sebagai *web server*.
3. Aplikasi penguji jaringan *ping* dan *Iperf*, sebagai mesin utama yang sudah teruji untuk melakukan pengukuran kualitas layanan pada jaringan komputer berbasis Linux.
4. Bahasa pemrograman *Python v.2.7.3* yang digunakan sebagai *script* pembangunan *base engine* sistem.
5. *MySQL*, sebagai *database* yang digunakan pada sistem.
6. *Jpgraph*, sebagai alat untuk menampilkan hasil dalam bentuk grafik.
7. Gedit, sebagai *text editor* yang digunakan untuk menulis *script*.
8. *Google Chrome*, sebagai *browser* yang digunakan untuk mengakses sistem.

II.4. Workflow Sistem

Cara kerja sistem digambarkan menggunakan *workflow* yang memperlihatkan setiap tahapan proses yang dilakukan oleh *user* dan sistem. Gambar 2 merupakan *workflow* dari sistem.



Gambar 2. *Workflow* Sistem

Berikut adalah penjelasan dari setiap tahapan proses yang dilakukan sesuai dengan penomoran yang telah ditentukan.

1. *User* sebagai *client* membuka aplikasi diagnosis jaringan melalui *web browser*, setelah masuk aplikasi kemudian memilih pilihan untuk memulai pengujian atau melihat hasil pengujian yang telah dilakukan. Jika memilih untuk melakukan pengujian, maka *user* diminta sistem untuk menginputkan data-data yang

dibutuhkan, yaitu : nama pengujian, ip *server*, maksimal *bandwidth* yang disediakan media (kapasitas maksimum), dan durasi pengujian. Sedangkan jika memilih untuk melihat hasil pengujian yang telah dilakukan, *user* hanya memilih nama pengujian yang telah dilakukan.

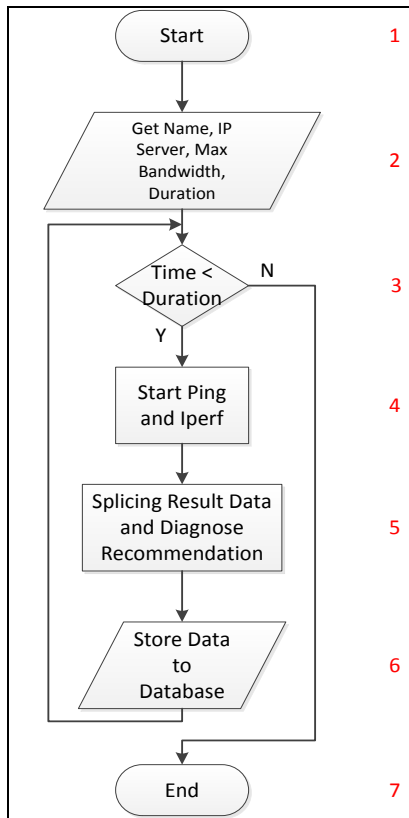
2. Setelah *input* data berhasil, maka aplikasi akan berjalan dan menerima informasi QoS dari *client* terhadap *server*.
3. Setelah penerimaan informasi diterima *server*, kemudian *server* mengirimkan datanya kembali ke *client*.
4. Data hasil diagnosis yang diterima *client* kemudian disimpan kedalam *database*.
5. Data dalam *database* diambil, kemudian dikonversi kedalam format tabel dan grafik.
6. *Report* kepada *client* ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

II.5. Flowchart Sistem

Sistem diagnosis dan rekomendasi jaringan komputer memiliki tampilan aplikasi web dan *base engine*, sehingga dalam penjelasan *flowchart* sistem digambarkan melalui dua *flowchart*, yaitu *base engine flowchart* dan *web application flowchart*.

Base Engine Flowchart

Sistem diagnosis dan rekomendasi jaringan komputer memiliki satu *base engine* yang dibangun menggunakan bahasa pemrograman *python* yang diakses untuk mengambil, mengolah, dan menyimpan data hasil diagnosis jaringan. Pengembangan *base engine* ini menggunakan modul eksternal dan internal *python library*. Cara kerja *base engine* dapat dilihat di *flowchart* pada Gambar 3.



Gambar 3. Base Engine Flowchart

Berikut adalah penjelasan setiap nomor pada *base engine flowchart*.

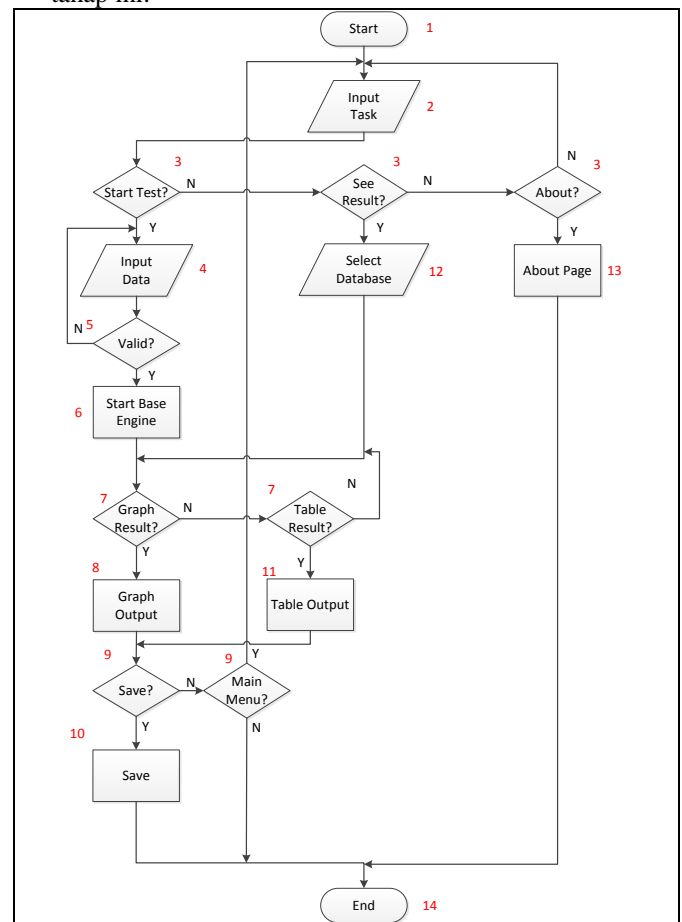
1. Tahap awal dari sistem.
2. Pada tahap ini, sistem mengambil data *name*, *ip server*, *max bandwidth*, dan *duration* dari *database*.
3. Dilakukan *looping* dengan kondisi selama waktu/durasi pengujian yang dipilih.
4. Memulai mengirim hasil pengujian mesin utama *ping* dan *iperf* ke *server*.
5. Mengolah data yang didapat.
6. Data yang telah diolah, disimpan ke dalam *database*.
7. Tahap akhir dari sistem, jika waktu pengujian lebih besar dari waktu/durasi pengujian yang dipilih.

Web Application Flowchart

Antar muka sistem diagnosis dan rekomendasi jaringan komputer kepada *user* berbasis *web HTML*. Data-data yang di-*input* oleh *user* melalui antar muka *web* akan disimpan ada *database* yang kemudian akan digunakan oleh *base engine*. Sistem pada antar muka aplikasi digambarkan pada Gambar 4. Berikut adalah penjelasan setiap nomor pada *web application flowchart*.

1. Tahap awal pada aplikasi berupa halaman awal *web*.
2. *Input* pilihan *user*. Terdapat tiga pilihan, yaitu *start pengujian*, *see result*, dan *about*.
3. Validasi *input* pilihan *user*.

4. Proses pemasukan data yang dibutuhkan melalui bentuk *form*. Data yang dibutuhkan adalah nama pengujian, *ip server*, maksimal *bandwidth*, dan durasi pengujian.
5. Validasi data yang diinput. Jika data sudah valid, maka dimasukan kedalam *database*.
6. Menjalankan *base engine*.
7. Validasi *output* yang diinginkan, dapat berupa grafik atau tabel.
8. Menampilkan hasil diagnosis berupa grafik.
9. Validasi pilihan *user*, apakah akan menyimpan hasil dalam bentuk .pdf atau kembali ke halaman awal.
10. Menyimpan hasil diagnosis dalam bentuk .pdf.
11. Menampilkan hasil diagnosis dalam bentuk tabel.
12. Memilih *database* yang akan dilihat hasil diagnosisnya.
13. Menampilkan halaman *about*, yang berisi informasi tentang aplikasi.
14. Tahap akhir pada aplikasi, jika *user* tidak melakukan apapun terhadap aplikasi, maka akan masuk pada tahap ini.



Gambar 4. Web Application Flowchart

II.6. Implementasi Penilaian Kualitas Jaringan

Pada Gambar 5 menunjukkan proses pemberian nilai kualitas jaringan berdasarkan parameter yang diuji. Nilai parameter jaringan yang didapat dari hasil pengujian dibandingkan dengan acuan nilai dari ITU, TIPHON, dan Politeknik Telkom.

```
# Compare Throughput with Standard Politeknik Telkom
qosThroughput = float(qosThroughput)
if qosThroughput > 75:
    qualityThroughput = sangatBaik
    scoreThroughput = 100
    print "Quality of Throughput : %s" %qualityThroughput
elif qosThroughput > 50 and qosThroughput <= 75:
    qualityThroughput = baik
    scoreThroughput = 75
    print "Quality of Throughput : %s" %qualityThroughput
elif qosThroughput > 25 and qosThroughput <= 50:
    qualityThroughput = sedang
    scoreThroughput = 50
    print "Quality of Throughput : %s" %qualityThroughput
elif qosThroughput <= 25:
    qualityThroughput = buruk
    scoreThroughput = 0
    print "Quality of Throughput : %s" %qualityThroughput
print ""
```

Gambar 5. Contoh Penilaian Kualitas Jaringan

II.7. Implementasi Pemberian Penilaian dan Rekomendasi

Pada Gambar 6 menunjukkan proses pemberian penilaian terhadap kualitas jaringan yang diuji. Nilai parameter jaringan yang didapat dari hasil pengujian diberikan rekomendasi jika kualitasnya tidak berada pada kualitas terbaik. Kualitas terbaik dari parameter mengacu pada nilai yang terdapat di ITU, TIPHON, dan Politeknik Telkom. Untuk Rekomendasi berdasarkan peta hubungan Gambar 1 [4].

```
r1 = "Check your network component"
r2 = "Management bandwidth"
r3 = "Upgrade bandwidth"
r4 = "Check your proxy server"
r5 = "Change network topology"
if delay < 150.0 and jitter < 20.0 and packetLoss < 3 and qosThroughput <= 75:
    rec = r1 + ", " + r2 + ", " + r3 + ", " + r4 + ", " + r5
    print rec
if delay >= 150.0 and jitter < 20.0 and packetLoss < 3 and qosThroughput <= 75:
    rec = r1 + ", " + r2 + ", " + r3 + ", " + r4 + ", " + r5
    print rec
if delay >= 150.0 and jitter >= 20.0 and packetLoss < 3 and qosThroughput <= 75:
    rec = r1 + ", " + r2 + ", " + r3 + ", " + r4 + ", " + r5
    print rec
```

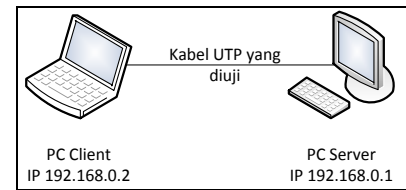
Gambar 6. Contoh Implementasi Penilaian

III. PENGUJIAN

Pada sistem diagnosis dan rekomendasi jaringan komputer, telah dilakukan pengujian *Alfa* dan *Beta Test*, sebagai bagian yang menguji setiap fungsionalitas sistem yang telah dibuat telah bekerja sesuai yang diharapkan.

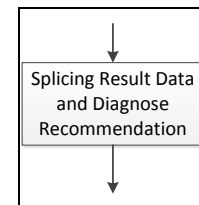
III.1. Skema Pengujian

Berikut merupakan skema pengujian yang dilakukan digambarkan pada Gambar 7. Pengujian dilakukan pada komponen jaringan kabel UTP dengan maksimal *bandwidth* 100 Mbps.



Gambar 7. Skema Pengujian

III.2. Pengujian Alpha 1



Gambar 8. Potongan Flowchart Pemberian Nilai Kualitas Dan Rekomendasi

Pengujian pemberian nilai kualitas jaringan dilakukan setelah mendapatkan data dari hasil pengujian *ping* dan *iperf*. Pemberian nilai kualitas jaringan mengacu pada Gambar 1. Pengujian pemberian nilai kualitas jaringan dilakukan sebanyak 9 kali dan didapatkan hasil seperti pada Tabel 5.

TABEL 5. HASIL PENGUJIAN PEMBERIAN NILAI KUALITAS JARINGAN

No. Pengujian	Kualitas Packet Loss	Kualitas Delay	Kualitas Jitter	Kualitas Throughput
1	Excellent	Good	Good	Excellent
2	Excellent	Good	Good	Excellent
3	Excellent	Good	Good	Excellent
4	Excellent	Good	Good	Excellent
5	Excellent	Good	Good	Excellent
6	Excellent	Good	Good	Excellent
7	Excellent	Good	Good	Excellent
8	Excellent	Good	Good	Excellent
9	Excellent	Good	Good	Excellent

Pengujian pemberian rekomendasi dilakukan setelah mendapatkan data dari hasil *ping* dan *iperf*. Pemberian rekomendasi mengacu pada Gambar 1. Pengujian pemberian rekomendasi dilakukan sebanyak 9 kali dan didapatkan hasil seperti pada Tabel 6.

TABEL 6. HASIL PENGUJIAN PEMBERIAN REKOMENDASI 1

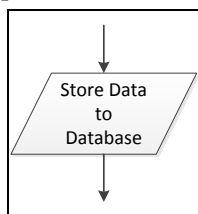
No. Pengujian	Rekomendasi
1	None
2	None
3	None
4	None
5	None
6	None
7	None
8	None
9	None

Dalam pengujian pemberian rekomendasi yang pertama, dikarenakan semua nilai pengujian parameter mendapatkan hasil sempurna, maka semua hasil rekomendasi yang didapat adalah “None”. Untuk mendapatkan hasil rekomendasi, dilakukan pengujian pemberian rekomendasi kedua. Dalam pengujian pemberian rekomendasi kedua, maksimal *bandwidth* diubah menjadi 200 Mbits sehingga persentase *throughput* turun sebesar 50% dari hasil sebenarnya. Pengujian pemberian rekomendasi kedua dilakukan sebanyak 9 kali dan didapatkan hasil seperti pada Tabel 7.

TABEL 7. HASIL PENGUJIAN PEMBERIAN REKOMENDASI 2

No. Pengujian	Rekomendasi
1	Check your network component, Management bandwidth, Upgrade bandwidth, Change network topology
2	Check your network component, Management bandwidth, Upgrade bandwidth, Change network topology
3	Check your network component, Management bandwidth, Upgrade bandwidth, Change network topology
4	Check your network component, Management bandwidth, Upgrade bandwidth, Change network topology
5	Check your network component, Management bandwidth, Upgrade bandwidth, Change network topology
6	Check your network component, Management bandwidth, Upgrade bandwidth, Change network topology
7	Check your network component, Management bandwidth, Upgrade bandwidth, Change network topology
8	Check your network component, Management bandwidth, Upgrade bandwidth, Change network topology
9	Check your network component, Management bandwidth, Upgrade bandwidth, Change network topology

III.3. Pengujian Alpha 2



Gambar 9. Potongan Flowchart Penyimpanan Data

Pengujian penyimpanan data merupakan pengujian proses penyimpanan data hasil pengujian *ping*, pengujian *iperf*, pengujian pemberian nilai kualitas jaringan, dan pengujian pemberian rekomendasi kedalam *database* di MySQL. Pengujian penyimpanan data dilakukan 9 kali dan didapatkan hasil seperti pada Gambar 10.

TP_DATA	TP_UNIT	TP	TP_SCORE	PL_DATA	PL_SCORE	DL_DATA	DL_SCORE	JT_DATA	JT_SCORE	QoS_SCORE	REC
94	Mbits	94	Excellent	0	Excellent	2.247	Good	0.0002	Good	100	None
94.1	Mbits	94.1	Excellent	0	Excellent	2.163	Good	0.0004	Good	100	None
94	Mbits	94	Excellent	0	Excellent	2.234	Good	0.0072	Good	100	None
83	Mbits	83	Excellent	0	Excellent	2.234	Good	0.0078	Good	100	None
94.1	Mbits	94.1	Excellent	0	Excellent	2.24	Good	0.0078	Good	100	None
94	Mbits	94	Excellent	0	Excellent	2.247	Good	0.0049	Good	100	None
93.9	Mbits	93.9	Excellent	0	Excellent	2.2	Good	0.0002	Good	100	None
94	Mbits	94	Excellent	0	Excellent	2.234	Good	0.0002	Good	100	None
94	Mbits	94	Excellent	0	Excellent	2.266	Good	0.0033	Good	100	None

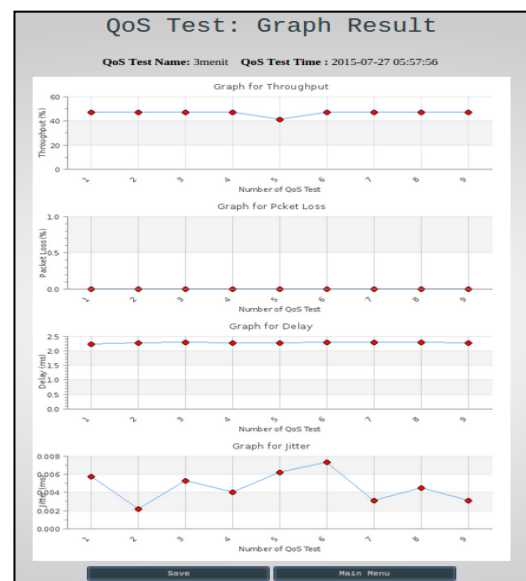
Gambar 10. Pengujian Penyimpanan Data

III.4. Pengujian Beta

Hasil pengujian *beta* pada sistem diagnosis dan rekomendasi jaringan komputer memiliki dua *output* yaitu tabel dan grafik. Dapat dilihat pada Gambar 11 dan Gambar 12.

QoS Test: Table Result											
QoS Test Name: 3menit QoS Test Time: 2015-08-18 21:26:21											
No	Throughput	Throughput (%)	Throughput Score	Packet Loss	Packet Loss Score	Delay	Delay Score	Jitter	Jitter Score	QoS Score	Recommendation
1	93.9 Mbits/s	46.95 %	Medium	0 %	Excellent	2.239 ms	Good	0.0036 ms	Good	87	Check your network component, Management bandwidth, Upgrade bandwidth, Change network topology
2	94 Mbits/s	47 %	Medium	0 %	Excellent	2.254 ms	Good	0.0047 ms	Good	87	Check your network component, Management bandwidth, Upgrade bandwidth, Change network topology
3	94 Mbits/s	47 %	Medium	0 %	Excellent	2.261 ms	Good	0.0005 ms	Good	87	Check your network component, Management bandwidth, Upgrade bandwidth, Change network topology
4	94 Mbits/s	47 %	Medium	0 %	Excellent	2.252 ms	Good	0.0003 ms	Good	87	Check your network component, Management bandwidth, Upgrade bandwidth, Change network topology
5	94 Mbits/s	47 %	Medium	0 %	Excellent	2.236 ms	Good	0.0073 ms	Good	87	Check your network component, Management bandwidth, Upgrade bandwidth, Change network topology
6	94 Mbits/s	47 %	Medium	0 %	Excellent	2.239 ms	Good	0.0058 ms	Good	87	Check your network component, Management bandwidth, Upgrade bandwidth, Change network topology
7	92.9 Mbits/s	46.45 %	Medium	0 %	Excellent	2.258 ms	Good	0.0058 ms	Good	87	Check your network component, Management bandwidth, Upgrade bandwidth, Change network topology
8	94 Mbits/s	47 %	Medium	0 %	Excellent	2.238 ms	Good	0.0002 ms	Good	87	Check your network component, Management bandwidth, Upgrade bandwidth, Change network topology
9	93.9 Mbits/s	46.95 %	Medium	0 %	Excellent	2.238 ms	Good	0.0040 ms	Good	87	Check your network component, Management bandwidth, Upgrade bandwidth, Change network topology

Gambar 11. Hasil Tabel



Gambar 12. Hasil Grafik

Selain *output* pada aplikasi, *user* dapat menyimpan hasil diagnosis dalam bentuk *file pdf*.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian pembangunan sistem diagnosis dan rekomendasi jaringan komputer adalah sebagai berikut.

1. Sistem dapat mendiagnosis kualitas komponen jaringan komputer berbasis *Quality of Service (QoS)*.
2. Sistem dapat memberikan rekomendasi dari hasil diagnosis yang diperoleh terhadap penilaian dari parameter QoS berupa *delay (latency)*, *jitter*, *packet loss*, dan *throughput*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Arthati., G, 2014, Kecanduan Internet dan Penanggulangannya, <http://arthgemi.blogspot.com/2014/10/kecanduan-internet-dan-penanggulangannya.html>, diakses 12 July 2015
2. ROL, 2015, Jumlah Penduduk Dunia Terus Meningkat, <http://www.republika.co.id/berita/internasional/global/15/01/01/nhgy2a-jumlah-penduduk-dunia-terus-meningkat>, diakses 12 Agustus 2015.
3. Ningsih., Y., K., Susila., T., Ismet., F, 2004, Analisis Quality Of Service (Qos) pada Simulasi Jaringan Multi-protocol Label Switching VirtualPrivate Network (Mpls Vpn), *JETri*, vol.3, no. 2, pp. 33-48, Universitas Trisakti, Jakarta, Febuari 2004
4. Sugeng., W., Istiyanto, J., E., Mustofa., K., Ashari., A, 2015, "The Impact of QoS Changes towards Network Performance", *International Journal of Computer Networks and Communications Security*, VOL. 3, NO. 2, FEBRUARY 2015, 48–53
5. Putri., M., E, 2010, Penerapan metode QoS pada jaringan traffic yang padat, *Skripsi*, Teknik Informatika Bilingual, Fakultas Ilmu Komputer University Sriwijaya, Palembang
6. Ledesma., P.,R., 2013, Kualitas Layanan Pada Sistem Telekomunikasi, *Riset*, Politeknik Telkom, Bandung.
7. Saragih., R., M., 2009, Persiapan Implementasi Internet Protocol Television Di Indonesia, *Skripsi*, Fakultas Teknik, Departemen Tek. Elektro, Universitas Indonesia, Depok.
8. Yanto, 2013, "Analisis Qos (Quality Of Service) Pada Jaringan Internet (Studi Kasus: Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura)", *skripsi*, Universitas Tanjungpura, Tanjungpura.
9. ETSI, 1999, "Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON):General aspects of Quality of Service (QoS)", *TR 101 329 V2.1.1*

Penerapan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) pada Pengembangan Sistem Pengambilan Keputusan Penilaian Kinerja Lembaga/Unit

Studi Kasus: PT PLN Distribusi Jawa Barat dan Banten

Riza Agustiansyah ST., MKom.¹

Program Studi Sistem Informasi
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
riza.agustiansyah@gmail.com

Desie Asriliani ST.²

Program Studi Sistem Informasi
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
d.asriliani@gmail.com.ac.id

Abstrak— PT PLN Distribusi Jawa Barat dan Banten adalah perusahaan milik Negara yang bergerak dibidang jasa penyediaan listrik. Untuk meningkatkan pelayanan proses bisnisnya, perusahaan melakukan standardisasi penilaian kinerja yang dilakukan pada masing-masing Unit Pelayanan dan Jaringan (UPJ). Hal ini dilakukan untuk mengukur sejauh mana masing-masing UPJ telah mencapai kinerja yang ditargetkan. Untuk itu diperlukan adanya perhitungan yang tepat dan akurat guna mengukur penilaian kinerja UPJ. Pada penelitian ini, metode AHP (Analytical Hierarchy Process) digunakan untuk menentukan prioritas bobot kriteria pada penilaian kinerja UPJ. AHP adalah salah satu metode pengambilan keputusan yang bertujuan untuk menentukan ranking atau prioritas terbaik dari beberapa alternatif yang ada. Tujuan Penggunaan AHP pada penilaian kinerja unit agar faktor-faktor penilaian yang bersifat subjektif dapat terdokumentasi dengan jelas perhitungannya sehingga mudah untuk dipertanggung jawabkan kepada semua pihak yang terlibat terutama masing-masing UPJ yang dinilai. Dengan Metode AHP, persentase masing-masing faktor penilaian akan dihitung berdasarkan perbandingan tingkat kepentingannya dengan faktor-faktor yang lain.

Kata Kunci: AHP, Penilaian Kinerja Lembaga/Unit, Sistem Pengambilan Keputusan

ditargetkan, serta untuk menghindari adanya dampak yang akan mempengaruhi posisi jabatan dan pendapatan atau insentif. Dilain pihak, sistem yang sedang berjalan saat ini masih bersifat konvensional, untuk itu diperlukan adanya standardisasi yang tepat dan akurat guna mengukur penilaian kinerja UPJ serta sistem yang dapat mengotomatisasi jalannya proses penilaian kinerja.[1]

Oleh karena itu, perlu dibangun suatu sistem informasi pendukung keputusan penilaian kinerja unit guna mengotomatisasi jalannya proses penilaian kinerja dengan menerapkan metode AHP. *Analytical Hierarchy Process* (AHP) sebagai salah satu cabang ilmu dalam Sistem Pengambilan Keputusan adalah teknik untuk mendukung proses pengambilan keputusan yang bertujuan untuk menentukan pilihan terbaik dari beberapa alternatif yang ada. Metode AHP digunakan untuk menentukan prioritas bobot kriteria pada penilaian kinerja UPJ sehingga sistem yang dibangun dapat mengotomatisasi pengolahan data dan analisis, serta menghasilkan penilaian kinerja yang lebih akurat karena adanya standardisasi pembobotan perbandingan kriteria.

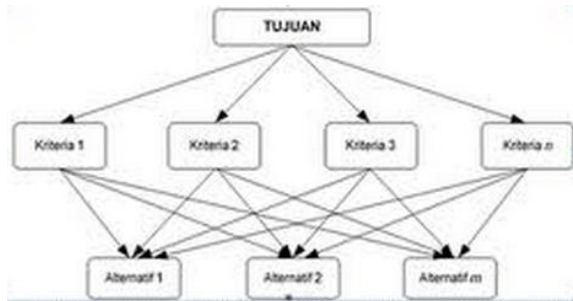
I. PENDAHULUAN

PT PLN Distribusi Jawa Barat dan Banten adalah perusahaan milik negara yang bergerak dibidang jasa penyediaan listrik. Sebagai satu-satunya perusahaan yang menyediakan sumber penerangan, perusahaan dituntut untuk selalu prima dalam pelayanan proses bisnisnya. Menyangkut hal tersebut, perusahaan melakukan standardisasi penilaian kinerja yang dilakukan pada masing-masing Unit Pelayanan dan Jaringan. Hal ini dilakukan untuk mengukur sejauh mana masing-masing UPJ telah mencapai kinerja yang

II. DASAR TEORI

AHP merupakan suatu model pendukung keputusan yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty. Model pendukung keputusan ini akan menguraikan masalah multi faktor atau multi kriteria yang kompleks menjadi suatu hirarki[2]. Menurut Saaty, hirarki didefinisikan sebagai suatu representasi dari sebuah permasalahan yang kompleks dalam suatu struktur multi level dimana level pertama adalah tujuan, yang diikuti level faktor, kriteria, sub kriteria, dan semakin bawah akan semakin mendekati level terakhir dari alternatif yang ada. [3]

Dengan hirarki suatu masalah yang kompleks dapat diuraikan ke dalam kelompok-kelompok yang kemudian diatur menjadi suatu bentuk hirarki sehingga permasalahan akan tampak lebih terstruktur dan sistematis. Susunan model hirarki pada metode AHP ditunjukkan pada Gambar II.1.



Gambar II.1 Struktur Hirarki

Untuk menilai perbandingan tingkat kepentingan kriteria, Saaty menetapkan skala kuantitatif 1 sampai 9.[3] Nilai dan definisi pendapat kualitatif dari skala perbandingan Saaty bisa diukur menggunakan tabel analisis yang ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel II.1. Skala Perbandingan Saaty[3]

Intensitas Kepentingan	Keterangan
1	Kedua kriteria sama pentingnya
3	Kriteria yang satu sedikit lebih penting dari pada kriteria lainnya
5	Kriteria yang satu lebih penting dari pada kriteria lainnya
7	Satu kriteria jelas lebih mutlak penting dari pada kriteria lainnya
9	Satu kriteria mutlak penting dari pada kriteria lainnya
2,4,6,8	Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan yang berdekatan
Kebalikan	Jika untuk aktifitas x mendapat satu angka dibanding aktivitas y, maka y mempunyai nilai kebalikannya dibanding dengan i

Langkah-langkah dalam metode AHP

AHP mempunyai kemampuan untuk memecahkan masalah multi-objektif yang berdasarkan pada perbandingan preferensi dari setiap kriteria dalam hirarki. Pada dasarnya langkah-langkah dalam metode AHP meliputi:

1. Mendefinisikan masalah dan menentukan solusi yang diinginkan.
2. Membuat struktur hirarki yang diawali dengan menetapkan tujuan umum yang merupakan sasaran system secara keseluruhan pada level teratas.
3. Membuat prioritas kriteria
 - a. Menentukan prioritas kriteria dengan membuat matriks perbandingan berpasangan yang membandingkan kriteria secara berpasangan sesuai dengan kriteria yang diberikan.
 - b. Matriks perbandingan berpasangan diisi dengan bilangan yang merepresentasikan kepentingan relatif dari suatu kriteria terhadap kriteria lain.
4. Sintesis yaitu dengan pertimbangan-pertimbangan terhadap matriks perbandingan berpasangan untuk memperoleh keseluruhan prioritas. Langkah-langkah ini adalah:
 - a. Menjumlahkan nilai dari setiap kolom pada matriks.
 - b. Membagi setiap nilai dari kolom dengan total kolom yang bersangkutan untuk memperoleh normalisasi matriks.
 - c. Menjumlahkan nilai-nilai dari setiap baris dan membaginya dengan jumlah elemen untuk mendapatkan nilai prioritas.
5. Mengukur konsistensi yang dilakukan dengan langkah:
 - a. Mengalikan setiap nilai pada kolom pertama dengan prioritas relatif kriteria pertama. Nilai pada kolom kedua dengan prioritas relatif kriteria kedua, dan seterusnya.
 - b. Menjumlahkan setiap baris.
 - c. Hasil dari penjumlahan tiap baris dibagi dengan prioritas yang bersangkutan dan hasilnya dikalikan.
 - d. Hasil penjumlahan dibagi jumlah elemen, akan didapat
6. Mencari nilai *Consistency Index* (CI)
7. Mencari nilai *Consistency Ratio* (CR)
8. Memeriksa konsistensi hirarki. Jika nilai *Consistency Ratio* $< 0,1$ maka nilai perbandingan berpasangan pada matriks kriteria yang diberikan adalah konsisten. Namun apabila *Consistency Ratio* $> 0,1$ maka nilai tidak konsisten dan harus mengulang langkah 3,4, dan 5.

Tabel dengan nilai *Random Index*(RI) ditunjukkan pada Tabel II.2.

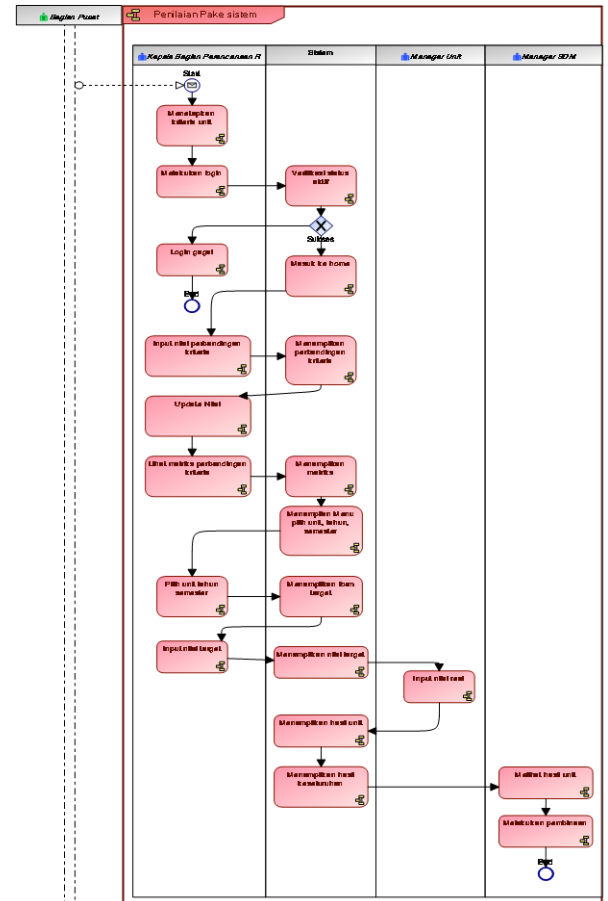
Tabel II.2. Nilai Random Index[3]

Ukuran Matriks	Nilai RI
1	0,00
2	0,00
3	0,58
4	0,90
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,49
11	1,51
12	1,48
13	1,56
14	1,57
15	1,59

III. ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

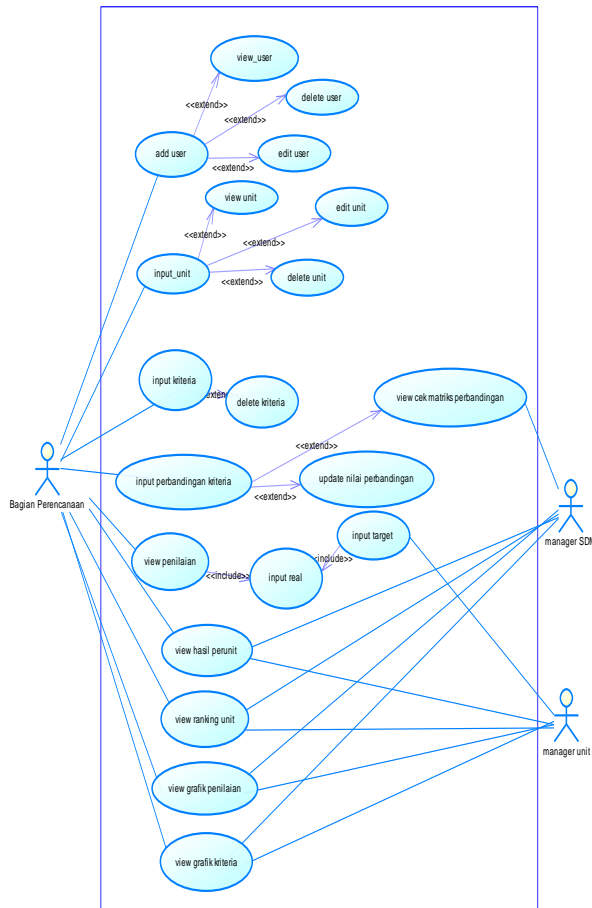
Analisis system terdiri dari beberapa bagian, diantaranya:

1. Analisis Proses Bisnis Usulan
Gambaran mengenai proses bisnis usulan dapat dilihat pada Gambar III.1

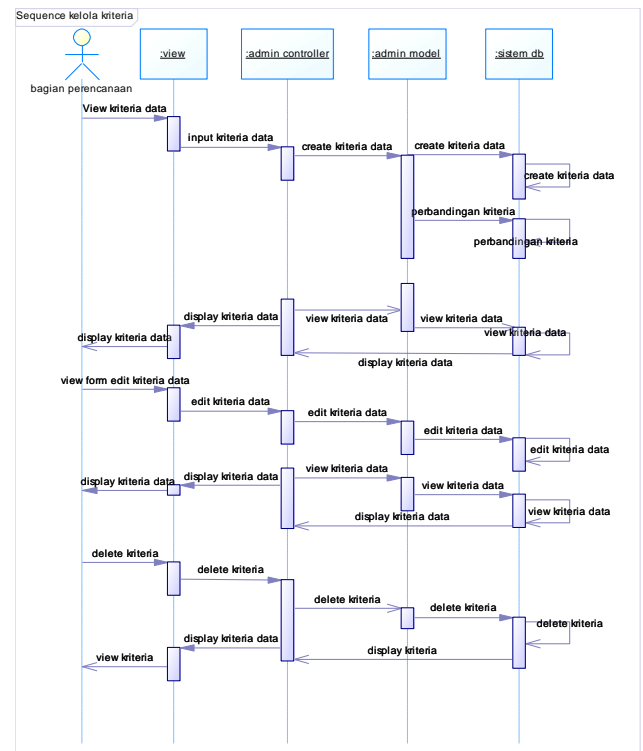


Gambar III.1 Proses Bisnis Usulan

2. Analisis Pengguna Sistem
Analisis pengguna sistem digambarkan menggunakan diagram use case pada gambar III.2 yang menampilkan interaksi antara aktor sebagai pengguna sistem dengan fungsi-fungsi yang ada pada sistem



Gambar III.2 Usecase diagram



Gambar III.4. Sequence diagram Kelola Kriteria

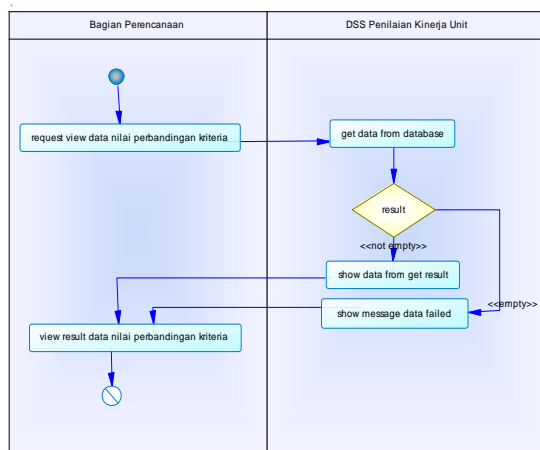
3. Class Diagram

Class diagram dari Sistem Pendukung Keputusan ditunjukkan pada Gambar III.5

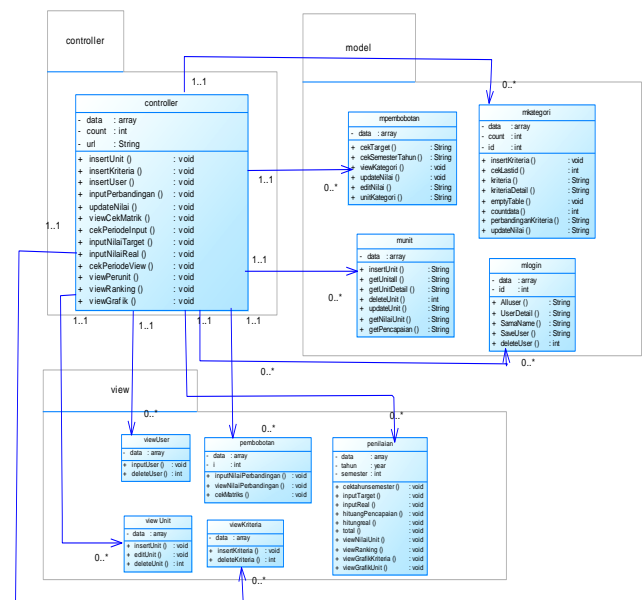
Perancangan sistem terdiri dari:

1. Activity Diagram

Pada Gambar III.3 ditunjukkan salah satu activity diagram untuk cek matriks perbandingan kriteria.



Gambar III.3. Activity diagram cek matriks perbandingan



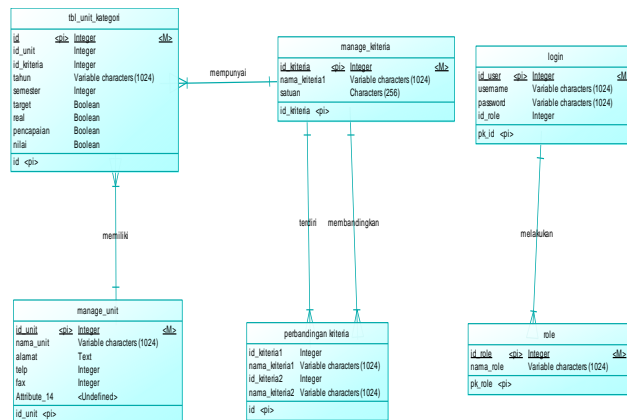
Gambar III.5. Class diagram

2. Sequence Diagram

Pada Gambar III.4 ditunjukkan salah satu sequence diagram untuk mengelola kriteria.

4. Perancangan Database Sistem

Perancangan database pada aplikasi ini menggunakan *Entity Relationship Diagram* (ERD). ERD dapat dilihat pada Gambar III.6



Gambar III.6. Entity Relationship Diagram

IV. HASIL DAN PENGUJIAN

Dari hasil penelitian dihasilkan matriks pembobotan hirarki kriteria yang ditunjukkan pada Tabel IV.1.

Tabel IV.1 Hasil Pembobotan Hirarki Kriteria

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1/3	5	1	1	1	3	3	5	5
2	3	1	5	3	3	3	3	3	5	5
3	1/5	1/5	1	1	1/3	1/3	1/3	1/3	3	3
4	1	1/3	1	1	1	1/3	1	1	3	3
5	1	1/3	3	1	1	1	3	3	5	5
6	1	1/3	3	3	1	1	3	1	3	5
7	1/3	1/3	3	1	1/3	1/3	1	1	1	3
8	1/3	1/3	3	1	1/3	1	1	1	3	3
9	1/5	1/5	1/3	1/3	1/5	1/3	1	1/3	1	1
10	1/5	1/5	1/3	1/3	1/5	1/5	1/3	1/3	1	1

Keterangan 10 kriteria:

1. SAIDI
2. Penambahan Jumlah Pelanggan
3. Biaya Administrasi
4. Kepuasan Pelanggan
5. SAIFI
6. Susut Distribusi
7. Rasio Kerusakan Trafo
8. Recovery Time
9. Sumber Daya Manusia
10. Kepemimpinan

Penentu keputusan memberikan penilaian terhadap perbandingan kesepuluh kriteria dengan *rangenilai*:

1 = Sama pentingnya

3 = Sedikit Lebih Penting dari

5 = Lebih Penting dari

1/3 = Sedikit Kurang Penting dari

1/5 = Kurang Penting dari

Setelah melakukan pembobotan hirarki kriteria pada matriks tersebut, langkah berikutnya adalah menentukan matriks penyederhanaan dengan mengubah menjadi bilangan decimal yang ditunjukkan pada Tabel IV.2

Tabel IV.2 Matriks Penyederhanaan Kriteria

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1.000	0.333	5.000	1.000	1.000	1.000	3.000	3.000	5.000	5.000
2	3.000	1.000	5.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	5.000	5.000
3	0.200	0.200	1.000	1.000	0.333	0.333	0.333	0.333	3.000	3.000
4	1.000	0.333	1.000	1.000	1.000	0.333	1.000	1.000	3.000	3.000
5	1.000	0.333	3.000	1.000	1.000	1.000	3.000	3.000	5.000	5.000
6	1.000	0.333	3.000	3.000	1.000	1.000	3.000	1.000	3.000	5.000
7	0.333	0.333	3.000	1.000	0.333	0.333	1.000	1.000	1.000	3.000
8	0.333	0.333	3.000	1.000	0.333	1.000	1.000	1.000	3.000	3.000
9	0.200	0.200	0.333	0.333	0.200	0.333	1.000	0.333	1.000	1.000
10	0.200	0.200	0.333	0.333	0.200	0.200	0.333	0.333	1.000	1.000
total-1	8.266	3.598	24.666	12.666	8.399	8.532	16.666	13.999	30.000	34.000

Langkah berikutnya adalah matriks penormalan kriteria dengan membagi setiap kolom terhadap total kolomnya. Matriks penormalan kriteria ditunjukkan pada Tabel IV.3

Tabel IV.3 Matriks Penormalan Kriteria

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	JML	EIGEN
1	0.121	0.093	0.203	0.079	0.119	0.117	0.180	0.214	0.167	0.147	1.439	0.143949
2	0.363	0.278	0.203	0.237	0.357	0.352	0.180	0.214	0.167	0.147	2.497	0.249726
3	0.024	0.056	0.041	0.079	0.040	0.039	0.020	0.024	0.100	0.088	0.510	0.050996
4	0.121	0.093	0.041	0.079	0.119	0.039	0.060	0.071	0.100	0.088	0.811	0.081078
5	0.121	0.093	0.122	0.079	0.119	0.117	0.180	0.214	0.167	0.147	1.358	0.135841
6	0.121	0.093	0.122	0.237	0.119	0.117	0.180	0.071	0.100	0.147	1.307	0.130678
7	0.040	0.093	0.122	0.079	0.040	0.039	0.060	0.071	0.033	0.088	0.665	0.066510
8	0.040	0.093	0.122	0.079	0.040	0.117	0.060	0.071	0.100	0.088	0.810	0.080994
9	0.024	0.056	0.014	0.026	0.024	0.039	0.060	0.024	0.033	0.029	0.329	0.032895
10	0.024	0.056	0.014	0.026	0.024	0.023	0.020	0.024	0.033	0.029	0.273	0.027334
ttl-2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	10.000	1.000000

Pada matriks penormalan kriteria diperoleh nilai eigen, setelah itu dilakukan uji konsistensi. Untuk melakukan uji konsistensi, maka dilakukan perhitungan:

$$\text{Nilai eigen maksimum} = \sum_{i=1}^n \text{total1} \times \text{eigen} = 10,7875$$

$$\text{Consistency Index} = \frac{\text{Nilai eigen Max} - n}{n(n-1)} = \frac{(10,7875 - 10)}{9} = 0,0875$$

Nilai RI berdasarkan tabel RI (Saaty,1994) untuk n=10 adalah 1,49.

$$\text{Consistency Ratio} = \frac{\text{CI}}{\text{RI}} = \frac{0,0875}{1,49} = 0,0587$$

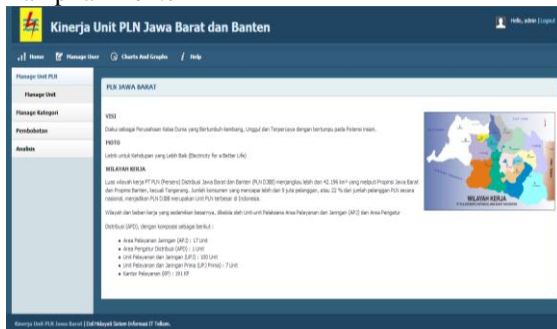
Karena hasil CR < 0,01 maka penilaian ini bersifat konsisten. Sehingga diperoleh prioritas bobot kriteria yang ditunjukkan pada Tabel IV.4

Tabel IV.4 Prioritas Bobot Kriteria

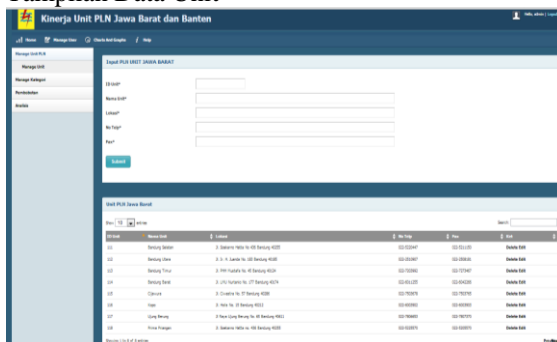
prioritas	Kriteria	Bobot
1	<u>Penambahan Jumlah Pelanggan</u>	0.25028
2	SAIDI	0.16639
3	SAIFI	0.16356
4	<u>Susut Distribusi</u>	0.12846
5	<u>Kepuasan Pelanggan</u>	0.07728
6	recovery time	0.06707
7	<u>rasio kerusakan trafo</u>	0.04639
8	<u>biaya administrasi</u>	0.04076
9	SDM	0.03479
10	<u>kepemimpinan</u>	0.02502

Pengujian sistem dilakukan menggunakan user acceptance test. Pengguna langsung mencoba menggunakan sistem yang telah dibangun, yang selanjutnya diminta feedback terhadap sistem tersebut. Berikut adalah beberapa tampilan dari sistem yang telah dibuat:

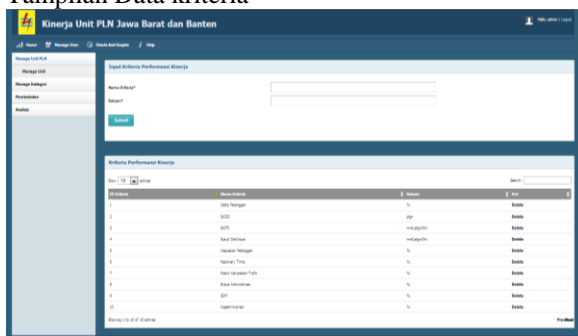
1. Tampilan Home



2. Tampilan Data Unit



3. Tampilan Data kriteria



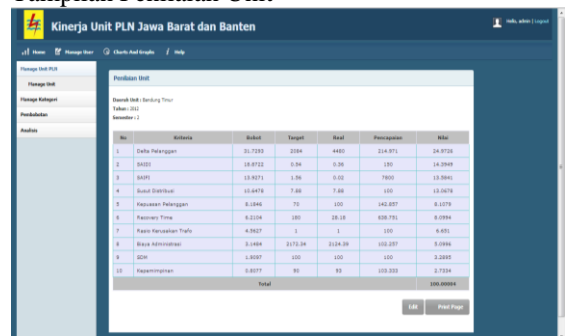
4. Tampilan Perbandingan Kriteria



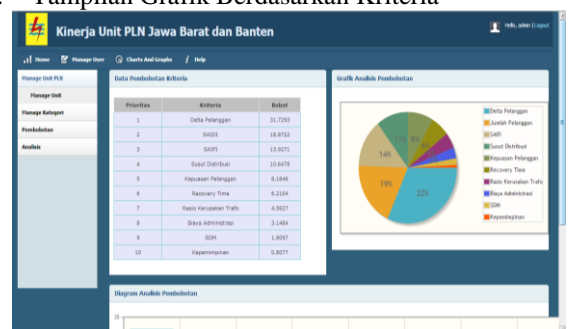
5. Tampilan Matriks Perhitungan AHP



6. Tampilan Penilaian Unit



7. Tampilan Grafik Berdasarkan Kriteria



V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang didapat dari Penerapan Metode Analytical Hierarchy Process(AHP) pada Pengembangan Sistem Pengambilan Keputusan Penilaian Kinerja Lembaga/Unit adalah:

1. Sistem Informasi Pengambilan Keputusan Penilaian Kinerja Unit Pelayanan dan Jaringan mampu memberikan solusi untuk meningkatkan akurasi pada penilaian kinerja PT PLN Distribusi Jawa Barat dan Banten dengan menentukan bobot penilaian setiap kriteria yang digunakan sebagai dasar penilaian kinerja unit.
2. Sistem Informasi Pengambilan Keputusan Penilaian kinerja Unit Pelayanan dan Jaringan mampu menentukan prioritas kriteria yang konsisten dengan mengimplementasikan metode AHP.
3. Sistem Informasi Pengambilan Keputusan penilaian kinerja Unit Pelayanan dan Jaringan dapat memberikan otomatisasi pengolahan data berdasarkan kriteria penilaian kinerja unit serta dapat menganalisis data sehingga dapat membantu dan mempermudah *stakeholders* dalam melakukan penilaian unit dengan fungsi-fungsi :
 - a. *Input* data unit
 - b. *Input* data kriteria
 - c. *Input* perbandingan tingkat kepentingan kriteria penilaian
 - d. *View* perbandingan tingkat kepentingan kriteria penilaian
 - e. *View* matriks perbandingan kriteria
 - f. *Input* target penilaian masing-masing unit
 - g. *Input* real penilaian masing-masing unit
 - h. *View* nilai masing-masing unit
 - i. *View* ranking dan grafik penilaian unit
 - j. *View* grafik kriteria

REFERENSI

- [1] PLN, T. D. *Company Profile* PLN 2010.
- [2] Syaifullah. *Pengenalan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)*. (february 2010)
- [3] Saaty, L. T., & Vagas, L. G. *The Analytical Hierarchy Process*. (1994)
- [4] Basuki, Awan Pribadi. *Membangun Web Berbasis PHP dengan Framework Codeigniter*. Yogyakarta: Loko Media. (2010)
- [5] Booch, G. *The Unified Modeling Language User Guide, Second Edition*. US: Pearson Education. (2005)
- [6] Rivai, Basri. *Sistem Penilaian Kinerja*.Jurnal. Bandung (2004)
- [7] Eko Nurmianto, N. S. Perancangan Penilaian Kinerja Karyawan Berdasarkan Kompetensi spencer dengan Metode *Analytical Hierarchy process* . *Jurnal Teknik Industri* , 14. (Juni 2006).
- [8] Eugene Kopytov, V. D. (2011). *Application of The Analytical Hierarchy Process in development of Train Schedule Information Systems*. *International Journal*, 3 (2), 148.
- [9] Kusriani & M, A. (2008). *Sistem Pendukung Keputusan Evaluasi Kinerja Karyawan Untuk Promosi Jabatan*.
- [10] Saaty, T. (1991). *Decission Making For Leader The Analytical Hierarchy Process For Decission*. University of Pitsburg.
- [11] Yasa, I. m. (Agustus 2012). *Pengembangan Sistem Pendukung Keputusan Evaluasi Kinerja Karyawan Untuk Promosi Jabatan dengan Metode Analytical Hierarchy process (AHP) dan Weighted Product (WP)*. 1 nomor 4.1.

Penerapan Metode Analytical Hierarchy Process(AHP) pada Pengembangan Sistem Pengambilan Keputusan Penilaian Behaviour Karyawan

Studi Kasus: PT TELKOM Wilayah Purwokerto

Riza Agustiansyah ST., MKom.¹

Program Studi Sistem Informasi
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
riza.agustiansyah@gmail.com

Retno Widowati ST.²

Program Studi Sistem Informasi
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

Abstrak— Keberhasilan untuk mewujudkan tujuan serta eksistensi perusahaan saat ini salah satunya dipengaruhi oleh faktor sumber daya manusia. Faktor sumber daya manusia perlu diatur dan dikelola dengan baik, untuk mengarahkan seluruh karyawan agar memberikan kontribusi yang maksimal kepada perusahaan. Tindakan tersebut dapat diwujudkan dengan melakukan penilaian terhadap tingkat performansi atau performance review karyawan sebagaimana telah diimplementasikan oleh PT Telekomunikasi Indonesia, Tbk Pada tahun 2011, PT Telekomunikasi Indonesia, Tbk menetapkan penilaian performance review karyawan berdasarkan dua komponen penilaian, yaitu nilai prestasi (P) dan nilai behavior (B) sebagaimana turut diimplementasikan oleh PT Telekomunikasi Indonesia, Tbk Wilayah Purwokerto sebagai salah satu bagian dari PT Telkom. Saat ini, penilaian, pelaksanaan penilaian prestasi karyawan telah berjalan dengan baik melalui proses otomatisasi, sedangkan pada prosedur pelaksanaan penilaian behavior belum menggunakan proses otomatisasi, dan memiliki kesulitan jika nilai akhir yang diperoleh beberapa karyawan sama besar, yang disebabkan oleh tingkat subjektif penilaian yang mendominasi. Oleh karena itu, diperlukan sebuah solusi untuk mengurangi tingkat subjektif penilaian agar hasil akhir nilai relatif objektif yaitu dengan menggunakan metode AHP (Analytical Hierarchy Proses) yaitu dengan cara menggunakan bobot pada kriteria penilaian. Bobot tersebut dihitung dengan cara membandingkan tingkat kepentingan antar kriteria, kemudian dilakukan pemeriksaan untuk mengetahui konsistensi logis dari tingkat kepentingan yang diperhitungkan. Metode AHP memberikan kemudahan perhitungan nilai bobot dan memberikan hasil yang relatif objektif, jika dibandingkan dengan nilai bobot yang ditentukan berdasarkan tingkat subjektif penilai. Dengan ditetapkannya bobot penilaian tersebut diharapkan dapat memberikan nilai tambah berupa berkurangnya tingkat subjektif pada penilaian behavior karyawan, sehingga karyawan memperoleh penilaian dengan nilai yang relatif objektif dibandingkan sistem penilaian sebelumnya.

Kata Kunci: AHP, Penilaian Kinerja Lembaga/Unit, Sistem Pengambilan Keputusan

I. PENDAHULUAN

Pada tahun 2011, PT Telkom menetapkan Sistem Manajemen Performansi Karyawan PT Telkom. Perubahan tersebut tercantum dalam Keputusan Direksi Perusahaan Perseroan (Persero) PT Telekomunikasi Indonesia, Tbk Nomor PD. 208.00/PS730/COP-B0011000/2011. Perubahan tersebut dilakukan dengan pertimbangan untuk meningkatkan efektivitas performansi perusahaan, maka diperlukan nilai-nilai yang harus dijunjung tinggi dalam mencapai visi perusahaan yaitu berupa *core value*. *Core value* tersebut harus menjadi cerminan dalam berperilaku sehingga dapat meningkatkan performansi karyawannya. *Core value* yang telah ditetapkan diwujudkan dalam 5C, yang terdiri atas *commitment to long term*, *customer first*, *caring meritocracy*, *co-creation of win-win partnership*, dan *collaborative innovation*.

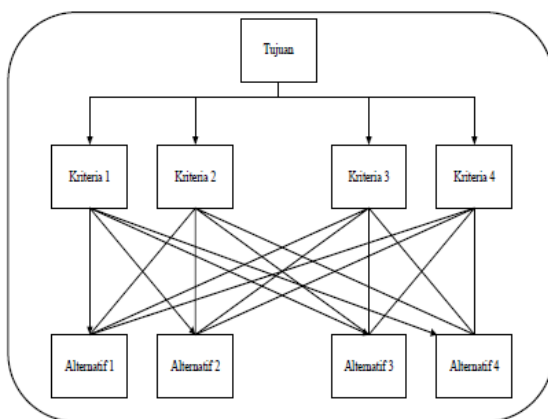
Performance review karyawan saat ini terdiri atas komposisi nilai prestasi (P) dan nilai *behavior* (B). Nilai prestasi (P) merupakan hasil penilaian terhadap target-target program kerja atau sasaran kinerja yang dicapai oleh masing-masing karyawan. Nilai *behavior*, yaitu hasil penilaian secara mendalam terkait dengan 5C dalam berperilaku. PT Telekomunikasi Indonesia, Tbk Wilayah Purwokerto sebagai salah satu bagian dari PT Telkom mengimplementasikan *performance review* karyawan berdasarkan komponen nilai prestasi (P) dan nilai *behavior* (B).

Penilaian *behavior* yang telah ditentukan tersebut memiliki kesulitan jika nilai akhir yang diperoleh beberapa karyawan sama besar, yang disebabkan oleh

tingkat subjektif penilaian yang mendominasi. Permasalahan tersebut dapat menghambat tujuan penilaian, sebagai contoh untuk pengembangan karir, pensiun dini (PENDI), dan kenaikan tunjangan posisi. Oleh karena itu, diperlukan sebuah solusi untuk mengurangi tingkat subjektif penilaian agar hasil akhir nilai relatif objektif yaitu dengan menggunakan metode AHP (*Analytical Hierarchy Proses*). Tingkat subjektif penilaian dapat dikurangi dengan cara menggunakan bobot pada kriteria penilaian. Bobot tersebut dihitung dengan cara membandingkan tingkat kepentingan antar kriteria, kemudian dilakukan pemeriksaan untuk mengetahui konsistensi logis dari tingkat kepentingan yang diperhitungkan. Jika nilai bobot sudah konsisten, artinya tingkat kepentingan telah sesuai dan nilai bobot dapat digunakan untuk menghitung nilai *behavior* karyawan. Metode AHP memberikan kemudahan perhitungan nilai bobot dan memberikan hasil yang relatif objektif, jika dibandingkan dengan nilai bobot yang ditentukan berdasarkan tingkat subjektif penilai. Dengan ditetapkannya bobot penilaian tersebut diharapkan dapat memberikan nilai tambah berupa berkurangnya tingkat subjektif pada penilaian *behavior* karyawan, sehingga karyawan memperoleh penilaian dengan nilai yang relatif objektif dibandingkan sistem penilaian sebelumnya.

II. DASAR TEORI

Analytical Hierarchy Process (AHP) atau Proses Hirarki Analitik merupakan metode yang digunakan untuk memecahkan masalah kompleks dan tidak terstruktur ke dalam bentuk hierarki yang dikelompokkan. Metode ini AHP dapat digunakan untuk menentukan prioritas berdasarkan hitungan pembobotan. Struktur hierarki AHP ditunjukkan Gambar II.1.



Gambar 1. Struktur Hirarki [14]

Metode AHP memiliki beberapa kelebihan, diantaranya :

1. Memiliki struktur yang berhierarki, sehingga dapat menggambarkan kriteria berikut sub-sub kriteria secara terperinci
2. Memperhitungkan validitas hingga batas toleransi inkonsistensi kriteria dan alternatif yang dipilih
3. Memiliki kemampuan untuk memecahkan masalah multi-objektif dan multi-kriteria berdasarkan perbandingan preferensi dari setiap elemen dalam hierarki.

Proses penghitungan pada metode AHP adalah sebagai berikut [14] :

1. Mendefinisikan masalah dan menentukan solusi yang diinginkan.
2. Membuat struktur hirarki yang diawali tujuan umum dilanjutkan dengan kriteria dan kemungkinan alternatif pada tingkatan kriteria paling bawah.
3. Membuat matriks perbandingan berpasangan yang menggambarkan kontribusi relatif atau pengaruh setiap elemen terhadap kriteria yang setingkat di atasnya berdasarkan tingkat kepentingan dari pengambil keputusan.
4. Melakukan perbandingan berpasangan sehingga diperoleh *judgment* (keputusan) sebanyak $n \times ((n-1)/2)$ buah, dengan n adalah banyaknya elemen yang dibandingkan. Perbandingan berpasangan tersebut ditunjukkan pada Tabel II.2.

Berikut ini adalah matriks perbandingan berpasangan pada Tabel II.1.

TABEL 1. SKALA PERBANDINGAN SAATY[14]

Intensitas Kepentingan	Keterangan
1	Kedua kriteria sama pentingnya
3	Kriteria yang satu sedikit lebih penting dari pada kriteria lainnya
5	Kriteria yang satu lebih penting dari pada kriteria lainnya
7	Satu kriteria jelas lebih mutlak penting dari pada kriteria lainnya
9	Satu kriteria mutlak penting dari pada kriteria lainnya
2,4,6,8	Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan yang berdekatan
Kebalikan	Jika untuk aktifitas x mendapat satu angka dibanding aktivitas y, maka

	y mempunyai nilai kebalikannya dibanding dengan i
--	---

TABEL 2. PERBANDINGAN KRITERIA BERPASANGAN. SAATY[14]

	A1	A2	A3
A1	A11	A12	A13
A2	A21	A22	A23
A3	A31	A32	A33
Jumlah	$\sum \text{Kolom1}$	$\sum \text{Kolom2}$	$\sum \text{Kolom3}$

Perbandingan berpasangan dimulai dari tingkat hirarki paling tinggi. Bentuk matriks perbandingan berpasangan bobot elemen. Setelah memperoleh matriks perbandingan yang dinormalkan, tahap selanjutnya ialah membuat matriks penjumlahan tiap baris, yaitu dengan mengalikan prioritas dengan tiap elemen pada matriks perbandingan berpasangan. Tahap selanjutnya ialah menentukan nilai *eigen vector* terbesar (λ_{maks}) dengan dua langkah. Langkah pertama yaitu dengan cara membagi elemen-elemen kolom jumlah pada matriks penjumlahan tiap baris data kriteria dengan elemen-elemen prioritas pada matriks pembobotan kriteria yang dinormalkan. Langkah kedua ialah menghitung rata-rata dari hasil langkah pertama, yang ditunjukkan pada Tabel II.3.

TABEL 3. MENENTUKAN NILAI *EIGEN VECTOR* TERBESAR (λ_{maks}) [14]

Jumlah Tiap Baris		Prioritas	Hasil	Nilai Eigen Max
$\sum \text{Baris1}$	dibagi	Rata-rata Baris1	B1/R1	Rata-rata hasil
$\sum \text{Baris2}$		Rata-rata Baris2	B2/R2	
$\sum \text{Baris3}$		Rata-rata Baris3	B3/R3	

- Menentukan penyimpangan terhadap konsistensi. Penyimpangan terhadap konsistensi dinyatakan dengan indeks konsistensi didapat rumus berikut :

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1}$$

- Menentukan penyimpangan terhadap konsistensi. Sebelum menghitung nilai rasio konsisten, maka perlu diketahui nilai Indeks Random (RI) disesuaikan dengan ukuran matriksnya., yang ditunjukkan pada Tabel II.4 berikut :

TABEL 4. NILAI RANDOM INDEX[14]

Ukuran Matriks	Indeks Random
1	0.00
2	0.00
3	0.58
4	0.90
5	1.12
6	1.24
7	1.32

Pada model AHP matriks perbandingan dapat diterima jika nilai rasio konsisten tidak lebih dari 10% atau sama dengan 0,1. Rumus untuk mencari nilai rasio konsistensi dapat dilihat pada rumus berikut :

$$CR = \frac{CI}{RI} \leq 0,1$$

III. ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

Sesuai dengan intruksi PT TELKOM pusat yang tercantum dalam Peraturan Perusahaan Perseroan (Persero) PT Telekomunikasi Indonesia, Tbk tentang Sistem Manajemen Performansi Karyawan Nomor : PD.208.00/r00/PS730/COP-B0011000/2011, prosedur sistem penilaian *behavior* diawali dengan *HR Centre* mempersiapkan aplikasi dan penilaian yang akan digunakan. Selanjutnya, *Assessor* memberikan penilaian kepada *Assesse* berdasarkan kriteria yang telah ditentukan. Hasil penilaian sementara oleh *assessor* dapat diketahui oleh *HR Centre*. Selanjutnya Atasan memberikan penilaian kepada karyawan dengan mempertimbangkan :

1. Nilai rata - rata per kelompok *Assessor*
2. Nilai rata - rata total
3. Hasil *interview*

Hasil nilai akhir dapat diketahui oleh *HR Centre*, atasan, dan karyawan yang bersangkutan.

Seorang karyawan memperoleh nilai dari tiga penilai yang berbeda, kemudian nilai tersebut di rata – rata. Keterangan *interview note* menyimpan variabel hasil wawancara atasan terhadap karyawan yang dinilai. Atasan menilai seorang karyawan berdasarkan sub kriteria yang kemudian nilai tersebut dirata – rata berdasarkan kriteria 5C. Nilai yang diberikan oleh atasan akan diproses sebagai nilai akhir.

Setelah meninjau kembali prosedur penilaian *behavior* dan ditemukan kekurangannya, maka dibuat rancangan skenario sistem informasi penilaian *behavior* agar dapat meminimalkan kekurangan tersebut. Rancangan skenario tersebut digambarkan pada use case diagram pada gambar III.1



Gambar 2. Usecase diagram

IV. HASIL DAN PENGUJIAN

Berikut ini langkah-langkah perhitungan AHP untuk menetapkan bobot kriteria :

TABEL 5. MATRIKS BERPASANGAN KRITERIA

	A	B	C	D	E
A	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	3.0000
B	1.0000	1.0000	1.0000	3.0000	5.0000
C	1.0000	1.0000	1.0000	3.0000	1.0000
D	1.0000	0.3333	0.3333	1.0000	1.0000
E	0.3333	0.2000	1.0000	1.0000	1.0000
Jml	4.3333	3.5333	4.3333	9.0000	11.0000

TABEL 6. MATRIKS PEMBOBOTAN KRITERIA YANG DINORMALKAN

	A	B	C	D	E	JML	Prioritas
A	0.2308	0.2830	0.2308	0.1111	0.2727	1.1284	0.2257
B	0.2308	0.2830	0.2308	0.3333	0.4545	1.5324	0.3065
C	0.2308	0.2830	0.2308	0.3333	0.0909	1.1688	0.2338
D	0.2308	0.0943	0.0769	0.1111	0.0909	0.6041	0.1208
E	0.0769	0.0566	0.2308	0.1111	0.0909	0.5663	0.1133

TABEL 7. MATRIKS PENJUMLAHAN TIAP BARIS DATA KRITERIA

	A	B	C	D	E	JML
A	0.2257	0.3065	0.2338	0.1208	0.3398	1.2265
B	0.2257	0.3065	0.2338	0.3624	0.5663	1.6947
C	0.2257	0.3065	0.2338	0.3624	0.1133	1.2416
D	0.2257	0.1022	0.0779	0.1208	0.1133	0.6398
E	0.0752	0.0613	0.2338	0.1208	0.1133	0.6044

TABEL 8. MENENTUKAN NILAI EIGEN VECTOR TERBESAR (λ_{max})

JML		PRIORITAS		HASIL	NILAI EIGEN MAX (λ _{max})
1.2265	DIBAGI	0.2257	SAMA DENGAN	5.435	5.382
1.6947		0.3065		5.529	
1.2416		0.2338		5.312	
0.6398		0.1208		5.296	
0.6044		0.1133		5.336	

Berdasarkan perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa nilai nilai *eigen vector* terbesar (λ maks) sebesar 5.382. Berikutnya ialah menghitung nilai Indeks Konsistensi (IC). Dengan rumus $CI = (Eigen\ Maks - n) / (n - 1)$; $n =$ ukuran matriks = 5 sehingga diperoleh nilai CI adalah 0.10. Kemudian, langkah-langkah yang perlu dilakukan ialah menghitung nilai rasio konsistensi (CR), dengan rumus $CR = CI / RI$. Karena jumlah matriksnya adalah ordo 5, maka nilai RI yang dipergunakan ialah 1.12, sehingga diperoleh hasil yaitu $CR = CI / RI =$ nilai *eigen maks* dibagi dengan RI diperoleh hasil $0.09 < 0.1$.

Kesimpulan dari kriteria penilaian dapat dilihat pada Tabel IV.5.

TABEL 10. JUMLAH BOBOT UNTUK MASING-MASING KRITERIA

NO	KRITERIA	BOBOT
1	Commitment to Long Term (A)	0.2257
2	Customer First (B)	0.3065
3	Caring Meritocracy (C)	0.2338
4	Co-creation of Win-win Partnership (D)	0.1208
5	Collaborative Innovation (E)	0.1133

Dalam implementasinya, bobot kriteria yang telah ditetapkan, dikalikan dengan nilai rata-rata yang diberikan oleh atasan. Hasil dari implementasi AHP dapat dilihat pada Tabel IV.6

TABEL 11. PRIORITAS BOBOT KRITERIA

Kriteria	Sub Kriteria	A1	A2	A3	RATA-RATA	Interview Note	Nilai Atasan	RATA-RATA	AHP
A	a1	3.1	2	3	2.70		2.8	3.10	0.699605
	a2	3	3.5	3.9	3.47		3.5		
	a3	2	3.5	3.5	3.00		3		
B	b1	2	3	4	3.00		3	3.33	1.021624
	b2	2.5	3	2.9	2.80		3		
	b3	4	3.9	3.9	3.93		4		
C	c1	3	2.5	3.1	2.87		3	3.20	0.748032
	c2	3	2	3	2.67		2.9		
	c3	4	3.5	3.5	3.67		3.7		
D	d1	3	4	3	3.33		3.2	3.10	0.374512
	d2	3	3	3	3.00		3		
	d3	3	3	2	2.67		3.1		
E	e1	4	3.6	4	3.87		3.9	3.73	0.422849
	e2	3	3	3	3.00		3.3		
	e3	4	4	4	4.00		4		

Nilai Akhir 3.29 3.266623
Indeks B2 B2

Penilaian tersebut dilakukan terhadap empat karyawan yang berbeda. Sebelum menggunakan AHP, diperoleh hasil sebagai berikut :

TABEL 12. NILAI BEHAVIOR KARYAWAN SEBELUM MENGGUNAKAN AHP

Karyawan	Nilai	Indeks
Karyawan 4	3.73	B1
Karyawan 3	3.71	B1
Karyawan 2	3.29	B2
Karyawan 1	3.29	B2

Setelah menggunakan AHP, maka nilai *behavior* karyawan sebagai berikut :

TABEL 13. NILAI BEHAVIOR KARYAWAN SETELAH MENGGUNAKAN AHP

Karyawan	Nilai	Indeks
Karyawan 4	3.72	B1
Karyawan 3	3.69	B2
Karyawan 1	3.27	B2
Karyawan 2	3.24	B2

Berdasarkan kedua tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa bobot yang dihitung menggunakan AHP mampu memberikan solusi untuk mengurangi tingkat subjektif pada penilaian *behavior* karyawan, sehingga karyawan memperoleh penilaian dengan nilai yang relatif objektif dibandingkan sistem penilaian sebelumnya.

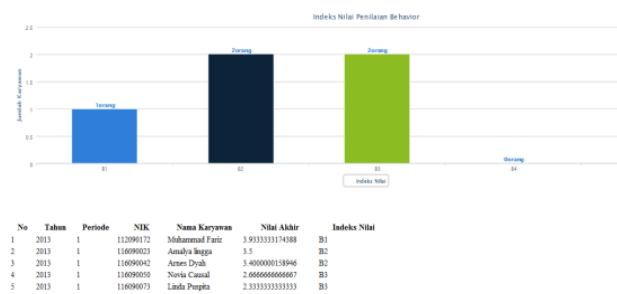
Pengujian sistem dilakukan menggunakan user acceptance test. Pengguna langsung mencoba menggunakan sistem yang telah dibangun, yang selanjutnya diminta feedback terhadap sistem tersebut. Berikut adalah beberapa tampilan dari sistem yang telah dibuat:

1. Tampilan Halaman Input Nilai Perbandingan

2. Tampilan Halaman Matriks Perbandingan

3. Nilai *Behavior* Karyawan

Grafik Indeks Nilai Behavior Karyawan



V. KESIMPULAN

1. Sistem informasi penilaian *behavior* memberikan solusi untuk mengurangi tingkat subjektif pada penilaian *behavior* karyawan sebagai indikator *performance review* pada PT Telekomunikasi Indonesia Tbk Wilayah Purwokerto dengan menentukan bobot penilaian pada masing-masing kriteria penilaian.
2. Sistem informasi penilaian *behavior* merupakan hasil implementasi metode penilaian yang sesuai untuk mengurangi tingkat subjektif penilaian *behavior* karyawan sebagai indikator *performance review*, yaitu dengan menggunakan Metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*)
3. Sistem informasi penilaian *behavior* memberikan solusi kemudahan dalam fungsi otomatisasi penilaian, sehingga penilaian dapat selesai sesuai target yang telah ditentukan.

REFERENSI

1. Ahmadi, Seyyed Ali Akbar. 2012. *Performance Evaluation of Tehran province payame noor university staffs (Open University) by AHP technique*. Published in : Interdisciplinary Journal Of Contemporary Research In Business Vol 4, No.1
2. Amborowati, Armadyah. 2007. Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Karyawan berprestasi Berdasarkan Kinerja Studi Kasus STMIK Amikom Yogyakarta. ISSN : 1907 – 5022
3. Armstrong, Michael. 1998. Manajemen Sumber Daya Manusia. PT. Elex Media Komputindo. Jakarta
4. Basuki, Awan Pribadi. 2010. Membangun Web Berbasis PHP Dengan Framework Code Igniter. Penerbit Lokomedia : Yogyakarta
5. Brodjonegoro, Bambang P.S. 1991. AHP, Inter-University Centre, Economics, University of Indonesia, Jakarta

6. Chen, Peter Pin-Shan. *The Entuty-Relationship Model – Toward A Unified View Of Data*. Massachusetts Institute Of Technology
7. Daihani, D.U. 2001, *Komputerisasi Pengambilan Keputusan*, Elex Media Komputindo, Kelompok Gramedia, Jakarta.
8. Dessler, Gary. 2006. Manajemen Sumber Daya Manusia Jilid I Edisi Kesepuluh. PT Intan Sejati : Klaten
9. Grove, F. Ralph, and Eray Ozkan. *The MVC Design Pattern* Islam, Rafikul and Shuib bin Mohd Rasad. 2006. *Employee Performance Evaluation By AHP : A Case Study*. Published in : Asia Pacific Management Review
10. Irawan, Eka Setia. 2007. Formulasi Strategi Penilaian Prestasi Kerja dalam Pengembangan Kualitas Karyawan Studi Kasus PT Capsugel Indonesia
11. Kadarsah, Suryadi, Ali Ramadhani. 1998. Sistem Pendukung Keputusan. PT Remaja Rosdakarya : Bandung
12. Kadir, Abdul. 2003. Pengenalan Sistem Informasi. Penerbit Andi : Yogyakarta
13. Pressman, Roger. 2010. *Software Engineering A Practitioner's Approach*. Prentice Hall
14. Saaty, Thomas L. 1993. Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin PT Gramedia : Jakarta Pusat
15. Saaty, Thomas L. 2008. *Decision Making With The Analytic Hierarchy Process*. International J. Services Science Vol.1

Penerapan Metode Walking Weight-Promethee pada Pengembangan Sistem Pengambilan Keputusan Rekrutmen Karyawan

Studi Kasus: PT Walden Global Services Jawa Barat

Riza Agustiansyah ST., MKom.¹

Program Studi Sistem Informasi
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
riza.agustiansyah@gmail.com

Putri Rezki Permatasari ST.²

Program Studi Sistem Informasi
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
putrirezkip@gmail.com

Abstrak— PT. Walden Global Services (WGS) adalah perusahaan Software dan IT Service yang melayani penyediaan jasa dan produk di bidang IT. Dalam memenuhi permintaan pelanggan dibutuhkan tenaga kerja yang berkompeten. Oleh karena itu, rekrutmen dibutuhkan untuk menentukan tenaga kerja yang berkompeten. Masalah yang terjadi adalah data-data pelamar kerja masih berbentuk lembaran kertas dan tidak tersusun rapi, sehingga memungkinkan data akan hilang. Selain itu, sistem penilaian memakan waktu yang lama, karena sistem masih manual/konvensional, menggunakan Microsoft Office Excel.

Metode yang dianggap mampu dalam membantu masalah ini adalah metode Promethee (Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluations) dan metode perubahan bobot (Walking Weight), yang nantinya akan mempermudah analisis penilaian pelamar kerja bagi perusahaan. Hasil dari analisis digunakan untuk implementasi ke dalam Sistem Informasi Pendukung Keputusan Rekrutmen. Metode Promethee digunakan ketika proses perhitungan nilai pelamar, kemudian diolah sesuai dengan bobot tiap kriteria menggunakan metode Walking Weight. Proses pembangunan sistem menggunakan metode Waterfall, karena memiliki requirement yang telah terdefinisi secara jelas dari sistem atau perangkat lunak yang akan dikembangkan, yaitu mengenai rekrutmen pada PT.WGS.

Hasil dari tugas akhir ini adalah sistem informasi berbasis web yang digunakan untuk pengambil keputusan rekrutmen. Sistem ini menghasilkan informasi mengenai pelamar yang diterima bekerja di PT. WGS dengan menampilkan ranking masing-masing pelamar. Dengan adanya sistem ini, proses pemilihan pelamar kerja menjadi lebih cepat dalam pengambilan keputusan.

Kata Kunci: Rekrutmen, Sistem Pendukung Keputusan, Promethee, Walking Weight.

I. PENDAHULUAN

PT. Walden Global Services adalah perusahaan yang melayani penyediaan jasa dan produk di bidang IT. Beberapa jasa dan produk yang ditawarkan, yaitu *SaaS (Software as a Service)*, *Private SaaS*, *eGovernment*, dan *Programming Services*. *SaaS (Software as a Service)* merupakan penyampaian model perangkat lunak (*software*) yang memungkinkan pengguna untuk mengakses fungsi seluruh aplikasi secara jarak jauh, aman, dan kolaboratif tanpa manajemen hardware yang kompleks. *Private SaaS* adalah untuk perusahaan yang ingin mendapatkan keuntungan dari model *SaaS*, tetapi dengan privasi yang lebih. *Private SaaS* memiliki server tunggal, yang didedikasikan untuk melayani perusahaan konsumen saja. *eGovernment* merupakan pembuatan aplikasi yang diimplementasikan dalam pemerintahan untuk meningkatkan layanan kebutuhan masyarakat secara efisien. *Programming Services* merupakan jasa pembuatan program berdasarkan ide konsumen untuk membangun infrastruktur teknologi yang dapat membantu konsumen menjalankan bisnisnya menjadi lebih baik.

Rekrutmen pada PT. WGS saat ini, khususnya eksternal, diawali dengan pembagian form untuk setiap divisi yang ada di perusahaan, divisi-divisi yang membutuhkan *source* mengisi form tersebut, lalu form tersebut diberikan kepada pihak *human resources department (HRD)*, pihak *human resources department (HRD)* membuat lowongan pekerjaan di web PT. Walden Global Services, setelah itu menunggu berkas-berkas administrasi para pelamar dikirimkan langsung ke kantor PT. Walden Global Services. Proses selanjutnya calon pelamar yang lulus administrasi mengikuti tes tertulis, jika pelamar lulus tertulis maka pelamar akan dihubungi pihak *human resources department (HRD)* untuk mengikuti tes wawancara.

Setelah itu pihak *human resources department* (HRD) mengumpulkan arsip tes tertulis, tes wawancara serta berkas administrasi lainnya dan melakukan penilaian penerimaan karyawan dengan menggunakan software microsoft excel, setelah melakukan perhitungan pihak *human resources department* (HRD) mengumumkan hasil rekrutasi melalui telepon dan email kepada pelamar.

Banyaknya calon pelamar yang melamar, membuat pihak perusahaan sulit mengelola arsip calon pelamar. Arsip pelamar yang disimpan masih dalam bentuk lembaran-lembaran kertas, membuat pihak perusahaan menjadi sulit pula dalam mengorganisir serta melakukan proses perhitungan nilai tes masing-masing calon karyawan. Sedangkan proses penerimaan calon karyawan menggunakan nilai tes tersebut sebagai salah satu acuan, dengan ditambahkan beberapa kriteria yang ditentukan oleh pihak *Human Resources* pada PT. Walden Global Services. Namun pada prakteknya, proses penerimaan karyawan tidak berjalan dengan semestinya dikarenakan belum adanya pengorganisasian data-data pendukung keputusan untuk menghasilkan informasi penilaian calon karyawan.

Untuk memudahkan perusahaan dalam proses pengambilan keputusan dan menyimpan data calon karyawan, dibuatlah sebuah sistem. Sistem yang dibuat sebagai alat bantu rekrutmen karyawan yang terintegrasi pada PT. Walden Global Services.

II. DASAR TEORI

Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE) merupakan salah satu metode penentuan ranking dalam Multi Criteria Decision Making (MCDM). Masalah pokoknya adalah kesederhanaan, kejelasan, dan kestabilan. Dugaan dari dominasi kriteria yang digunakan dalam Promethee adalah penggunaan nilai dalam hubungan outranking. Semua parameter yang dinyatakan mempunyai pengaruh nyata menurut pandangan ekonomi. (Brans et. al., 1986).

Prinsip yang digunakan adalah penetapan prioritas alternatif yang telah ditetapkan berdasarkan pertimbangan ($\forall i | f_i(.) \rightarrow R$ ["real world"]), dengan kaidah dasar:

Max

$$\{ f_1(x), f_2(x), f_3(x), \dots, f_j(x), \dots, f_k(x) | x \in R \}$$

Dimana K adalah sejumlah kumpulan alternatif, dan $f_i(i = 1, 2, \dots, K)$ merupakan nilai / ukuran relatif kriteria untuk masing-masing alternatif. Dalam aplikasinya sejumlah kriteria telah ditetapkan untuk menjelaskan K yang merupakan penilaian dari \mathcal{R} (real world). Promethee

termasuk dalam keluarga dari metode outranking yang dikembangkan oleh B. Roy, yaitu meliputi dua fase:

1. Membangun hubungan outranking dari K.
2. Eksploitasi dari hubungan ini memberikan jawaban optimasi kriteria dalam paradigma permasalahan multikriteria.

Pada fase pertama, nilai hubungan outranking berdasarkan pertimbangan dominasi tiap kriteria. Indeks preferensi ditentukan dan nilai outranking secara grafis disajikan berdasarkan preferensi dari pembuat keputusan. Pada fase kedua, eksploitasi dilakukan dengan mempertimbangkan nilai leaving flow, entering flow, dan net flow. Promethee I untuk urutan parsial yang melihat nilai leaving flow, dan entering flow, sedangkan Promethee II untuk urutan komplit melihat nilai net flow. Data dasar untuk evaluasi dengan metode Promethee terdapat pada Tabel II.1.

TABEL 1. DATA DASAR ANALISIS PROMETHEE

	$f_1(.)$	$f_2(.)$	...	$f_j(.)$	...	$f_k(.)$
a_1	$f_1(a_1)$	$f_2(a_1)$	...	$f_j(a_1)$	...	$f_k(a_1)$
a_2	$f_1(a_2)$	$f_2(a_2)$	...	$f_j(a_2)$	...	$f_k(a_2)$
...
a_i	$f_1(a_i)$	$f_2(a_i)$	...	$f_j(a_i)$	...	$f_k(a_i)$
...
a_n	$f_1(a_n)$	$f_2(a_n)$	...	$f_j(a_n)$	...	$f_k(a_n)$

Keterangan:

1. $a_1, a_2, \dots, a_i, a_n$: alternatif potensial
2. $f_1, f_2, \dots, f_j, f_k$: kriteria evaluasi

Langkah – langkah metode Promethee adalah sebagai berikut:

1. Menentukan beberapa alternatif.
2. Menentukan beberapa kriteria.
3. Menentukan tipe penilaian yang terdapat dua tipe, yaitu tipe maksimum dan tipe minimum.
4. Menentukan tipe preferensi kriteria yang digunakan.
5. Menentukan nilai parameter.
6. Melakukan perhitungan secara berpasangan satu – persatu bersarkan pilihan bentuk preferensi yang telah ditetapkan sebelumnya.
7. Menghitung nilai indeks preferensi berdasarkan rata – rata bobot, kemudian membuat hubungan outranking.
8. Menghitung nilai leaving flow, entering flow, dan net flow.
9. Hasil Ranking Promethee.

Struktur preferensi yang dibangun atas dasar kriteria:

$$\forall a, b \in A \left\{ \begin{array}{l} f(a) > f(b) \Leftrightarrow a P b \\ f(a) = f(b) \Leftrightarrow a I b \end{array} \right.$$

Keterangan: P = preferensi lebih kuat
 I = Indifferent

Pengertian struktur di atas pada $f(a) > f(b) \Leftrightarrow a P b$ merupakan alternatif a lebih baik dibandingkan alternatif b , sedangkan pada $f(a) = f(b) \Leftrightarrow a I b$ merupakan alternatif a sama dengan alternatif b .

Promethee Ranking

Penjelasan dari hubungan *outranking* dibangun atas pertimbangan untuk masing – masing alternatif pada grafik nilai *outranking*, berupa urutan parsial (*Promethee I*) atau urutan lengkap (*Promethee II*) pada sejumlah alternatif yang mungkin, yang dapat diusulkan kepada pembuat keputusan untuk memperkaya penyelesaian masalah.

Perankingan *Promethee I* didasarkan pada masing – masing nilai *Leaving Flow* (LF) dan *Entering Flow* (EF). Semakin besar nilai LF dan semakin kecil nilai EF, maka alternatif semakin baik. Jika nilai ranking LF dan EF sama, maka hasil ranking *Promethee I* menjadi solusinya. Tetapi, jika nilai ranking LF dan EF tidak sama, maka proses harus dilanjutkan ke *Promethee II* yang didasarkan pada *Net Flow* (NF). Semakin besar nilai NF, maka semakin tinggi nilai ranking alternatifnya.

1. *Promethee I*

Nilai terbesar pada *leaving flow* dan nilai terkecil dari *entering flow* merupakan alternatif yang terbaik.

$$\left\{ \begin{array}{l} aP^+b \text{ jika } \Phi^+(a) > \Phi^+(b) \\ aI^+b \text{ jika } \Phi^+(a) = \Phi^+(b) \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} aP^-b \text{ jika } \Phi^-(a) > \Phi^-(b) \\ aI^-b \text{ jika } \Phi^-(a) = \Phi^-(b) \end{array} \right.$$

Keterangan :

- aP^+b berarti alternatif a mempunyai preferensi lebih kuat dibandingkan dengan alternatif b berdasarkan *leaving flow*.
- aI^+b berarti alternatif a tidak berbeda dengan alternatif b berdasarkan *leaving flow*.
- aP^-b berarti alternatif a mempunyai preferensi lebih kuat dibandingkan dengan alternatif b berdasarkan *entering flow*.
- aI^-b berarti alternatif a tidak berbeda dengan alternatif b berdasarkan *entering flow*.

PROMETHEE I menampilkan partial preorder (P_1, I_1, R) dengan mempertimbangkan interseksi dari dua preorder :

$$\left\{ \begin{array}{l} aP_1b \text{ (a outrank b) jika } aP^+b \text{ dan } aP^-b \\ \text{jika } aP^+b \text{ dan } aI^-b \\ \text{jika } aI^-b \text{ dan } aP^-b \\ aI^-b \text{ (a tidak beda b) jika } aI^+b \text{ dan } aI^-b \\ aRb \text{ (a dan b incomparable) jika pasangan lain} \end{array} \right.$$

Partial *preorder* diajukan kepada pembuat keputusan dalam membantu keputusan masalah yang dihadapinya. Penggunaan metode *PROMETHEE I* masih menyisakan bentuk *incomparable*, atau dengan kata lain hanya memberikan solusi partial *preorder*.

2. *Promethee II*

Tujuan dari analisis *PROMETHEE II* adalah menghindari bentuk *incomparable*, *PROMETHEE II* complete preorder (P_{II}, I_{II}) disajikan dalam bentuk *net flow* yang dihitung berdasarkan pertimbangan persamaan :

$$\left\{ \begin{array}{l} aP_{II}b \text{ jika } \Phi(a) > \Phi(b) \\ aI_{II}b \text{ jika } \Phi(a) = \Phi(b) \end{array} \right.$$

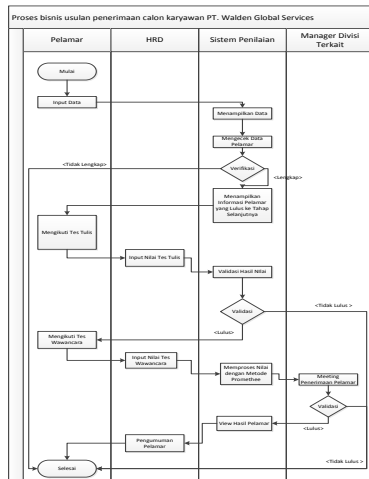
Alternatif yang mempunyai *net flow* paling besar akan menjadi prioritas pertama dan begitu selanjutnya.

Metode Walking Weight (Perubahan Bobot)

Metode *Walking Weight* merupakan metode perubahan bobot yang diperoleh dari hasil pengolahan data, yang akan dilakukan analisa sensitivitas terhadap bobot dari masing-masing kriteria. Analisis sensitivitas dilakukan terhadap bobot setiap kriteria sehingga dapat diketahui pengaruh bobot tersebut terhadap nilai *positif outranking flow* dan *negatif outranking flow* yang akan menentukan nilai *net flow* atau hasil proses pengambilan keputusan sebelumnya. Dalam menentukan perubahan bobot dalam analisis sensitivitas ini dilakukan dengan *caratrial and error*, yaitu dengan menambah serta mengurangi nilai bobot untuk setiap kriteria. Setelah itu, nilai bobot tersebut akan dikalikan dengan nilai fungsi preferensi alternatif untuk setiap kriteria (Noorfithriani, 2009).

III. ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

Setelah menganalisis masalah yang terdapat dalam proses bisnis rekrutasi saat ini, maka perlu adanya perbaikan dalam proses bisnis. Proses bisnis yang diusulkan pada tahap rekrutasi di PT. Walden Global Services, yaitu :



Gambar 1. Proses Bisnis Usulan

User merupakan pengguna sistem yang dapat mengakses sistem. Sistem Pendukung Keputusan PT.WGS memiliki empat user. Empat user tersebut yaitu admin, manager, HR (Human Resource) dan pelamar.

Untuk menggambarkan fungsionalitas sistem, digunakan *use case diagram* yang dapat dilihat pada Gambar III.2.



Gambar 2. Use case diagram

IV. HASIL DAN PENGUJIAN

Perhitungan Ranking Pelamar Kerja dengan Metode *Promethee*

Dalam sistem ini, menggunakan metode *Waling Weight* dimana dapat membantu dalam analisis data setelah melakukan perhitungan dari metode *Promethee*. *Walking Weight* ini digunakan karena adanya bobot dari setiap kriteria, sedangkan pada metode *Promethee* tidak menggunakan bobot tiap kriteria. Nilai bobot tiap kriteria dapat dilihat pada Tabel IV.1.

TABEL 2. BOBOT KRITERIA

Kriteria	Bobot
<i>Skill</i>	60%
<i>English behavior</i>	10%
<i>Attitude</i>	30%

Pada tabel IV.1. terlihat pentingnya kriteria Skill dan Attitude dalam penilaian calon pelamar. Hal ini dapat dilihat besarnya bobot yang ada pada masing-masing kriteria tersebut. Data nilai calon pelamar yang diinputkan dalam aplikasi dapat dilihat pada Tabel IV.2.

TABEL 3. NILAI PELAMAR KERJA

Pelamar Kerja	Skill	English	Attitude
Shindy Alfidella	90	70,5	70
Desi Rahmawati	75,5	95	75
Shadila Atma	80,5	95	95

Dari data kriteria dan nilai para pelamar kerja, dapat dibuat data variabel yang akan digunakan pada perhitungan Promethee-Walking Weight. Data kriteria menjadi data variabel kriteria, sedangkan data pelamar menjadi data variabel alternatif.

TABEL 4. DATA VARIABEL KRITERIA

Simbol	Kriteria
f1	Skill
f2	English
f3	Attitude

TABEL 5. DATA VARIABEL ALTERNATIF

Alternatif	Nama Pelamar
A1	Shindy Alfidella
A2	Desi Rahmawati
A3	Shadila Atma

Data lain yang dibutuhkan agar dapat melakukan perhitungan yaitu, data dasar analisis Promethee, dapat dilihat pada Tabel IV.5.

TABEL 6. DATA DASAR ANALISIS PROMETHEE

Kriteria a	Min/Max	Alternatif			Tipe Preferensi	Parameter
		A1	A2	A3		
f1(.)	Max	90	70,5	70	III	p = 10
f2(.)	Max	75,5	95	75	III	p = 10

		5				
f3(.)	Min	80,5	95	95	II	q = 8

Langkah awal dari perhitungan yaitu menentukan nilai indeks preferensi setelah perubahan bobot kriteria. Perhitungan nilai preferensi dan indeks preferensi ($\rho(a,b)$)

Dari perhitungan indeks preferensi untuk seluruh alternatif berpasangan tersebut diperoleh data hasil indeks preferensi yang telah mengalami perubahan bobot seperti pada tabel IV.6 berikut ini:

TABEL 7. DATA INDEKS PREFERENSI SETELAH PERUBAHAN BOBOT

	A1	A2	A3
A1	-	0,6	0,6
A2	0,4	-	0,1
A3	0,3	0,1	-

Setelah mendapatkan nilai indeks preferensi, tahap selanjutnya melakukan perhitungan *LeavingFlow*(Φ^+), *Entering Flow*(Φ^-) dan *Net Flow*(Φ) sehingga diperoleh data nilai *leaving flow*, *entering flow*, dan *net flow* seperti pada tabel IV.7.

TABEL 8. NILAI LEAVING FLOW, ENTERING FLOW DAN NET FLOW

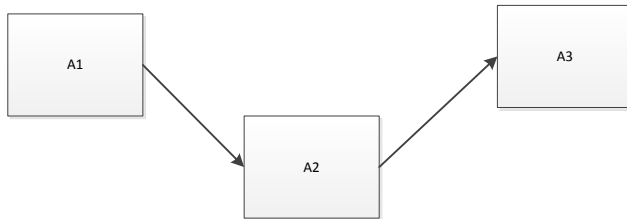
Φ^+	Φ^-	Φ
0,6	0,35	0,25
0,25	0,3	-0,05
0,15	0,35	-0,2

TABEL 9. KARAKTER LEAVING FLOW DAN ENTERING FLOW DAN IMPLIKASINYA TERHADAP URUTAN PRIORITAS

Alternatif	Leaving flow	Rank	Entering flow	Rank
A1	0.6	1	0.35	1
A2	0.25	2	0.3	3
A3	0.15	3	0.35	2

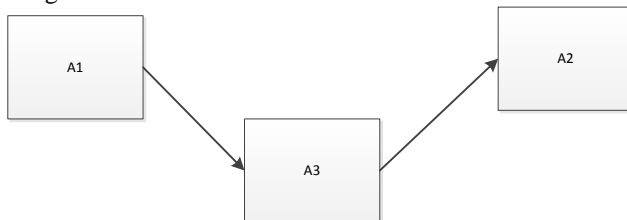
Dari hasil perhitungan tabel IV.8 di dapat urutan *ranking* setelah mengalami perubahan bobot sebagai berikut:

- Untuk *leaving flow*, *ranking* pertama di peroleh oleh alternatif A1, *ranking* kedua oleh alternatif A2, *ranking* ketiga oleh alternatif A3.



Gambar 3. Urutan Pelamar Berdasarkan Nilai *Leaving Flow*

- Untuk *entering flow*, *ranking* pertama di peroleh oleh alternatif A1, *ranking* kedua oleh alternatif A3, *ranking* ketiga oleh alternatif A2.

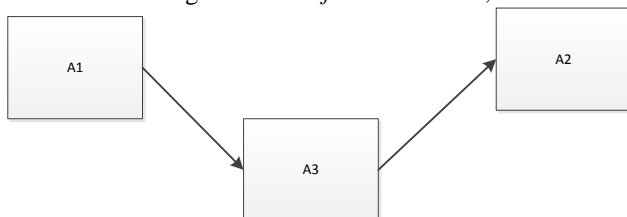


Gambar 4. Urutan Pelamar Berdasarkan Nilai *Entering Flow*

TABEL 10. COMPLETE RANKING BERDASARKAN KARAKTER NET FLOW

Alternatif	Net flow	Rank
A1	0,25	1
A2	-0,05	3
A3	-0,2	2

Dari hasil perhitungan tabel IV.9 di dapat *ranking* dari alternatif yaitu *ranking* pertama oleh alternatif A1 dengan nilai *net flow* sebesar 0,25, *ranking* kedua oleh alternatif A3 dengan nilai *net flow* sebesar -0,2, *ranking* ketiga oleh alternatif A2 dengan nilai *net flow* sebesar -0,05.



Gambar 5. Urutan Pelamar Berdasarkan *PROMETHEE II*

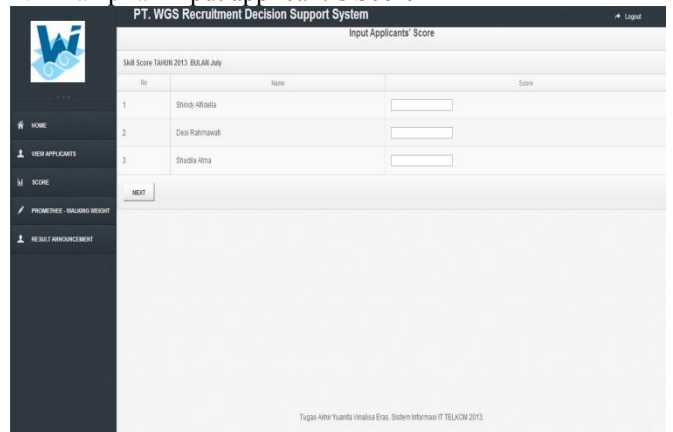
Pengujian sistem dilakukan menggunakan user acceptance test. Pengguna langsung mencoba menggunakan sistem yang telah dibangun, yang selanjutnya diminta feedback terhadap sistem tersebut.

Berikut adalah beberapa tampilan dari sistem yang telah dibuat:

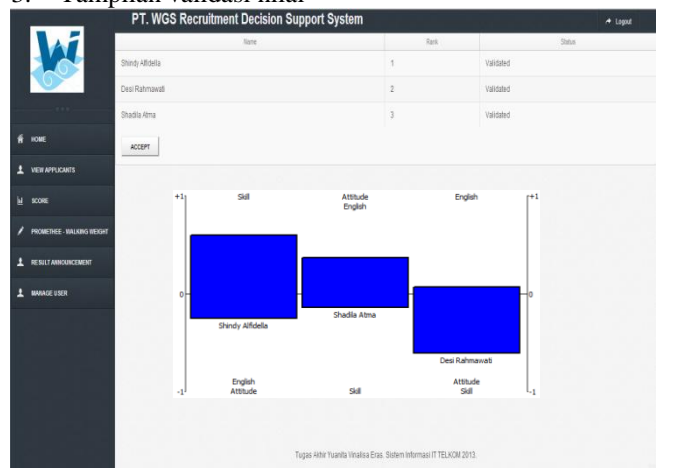
1. Tampilan Home



2. Tampilan Input applicant's Score



3. Tampilan validasi nilai



KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari pembangunan Sistem Informasi Pengambil Keputusan Rekrutmen PT. WGS adalah:

1. Sistem Informasi Pengambil Keputusan Rekrutmen memberikan solusi untuk mengotomatisasi dalam proses rekrutasi pada PT. WGS, mulai dari efektifitas pengumpulan dan pengolahan data, proses penilaian, serta pemilihan pelamar. Sehingga rekrutmen dapat dilakukan lebih cepat, hemat waktu, tenaga, dan biaya.
2. Sistem Informasi Pengambil Keputusan Rekrutmen memproses lebih dalam pada data nilai pelamar sesuai dengan masing-masing kriteria penilaian. Sehingga memperhitungkan analisis multikriteria dalam pengambilan keputusan calon karyawan lebih efektif dan efisien.
3. Sistem Informasi Pengambil Keputusan Rekrutmen merupakan aplikasi berbasis web yang digunakan sebagai alat bantu dalam mengambil keputusan pada proses rekrutasi pada PT. WGS.

REFERENSI

1. A.Kangas, J. K. (2001). *Outranking methods as tools in strategic natural resources planning*.
2. Ambar Harsono, H. P. (2009). Metode Pemilihan Pemasok Sayuran di Supermarket dengan Metode AHP dan PROMETHEE. *Iternas Rekayasa*.
3. Anthony, A. F. (2010). *Konsep Pemilikan Bidder Pengembangan Terbaik dengan Menggunakan Metode Promethee (Preference Ranking Organization for Enrichment Evaluation) Studi Kasus Lelang BWA*. Bandung: Institut Teknologi Telkom.
4. Hadi, N., Fitrisia, Y., & Yunanto, W. (n.d.). *Aplikasi Multi Criteria Decision Making Menggunakan Metode Promethee*. Retrieved Januari 3, 2013, from <http://journal.pcr.ac.id/wp-content/uploads/2012/10/eJurnal-Nurul-Hadi.pdf>
5. Noorfithriani, R. (2009). *Penerapan Metode PROMETHEE Dalam Menganalisis Peringkat Bank Syariah Berdasarkan Kepuasan Nasabah Pada Tiga Bank Syariah di Kota Yogyakarta*. Universitas Islam Indonesia.
6. Novaliendry, D. (2009). APLIKASI PENGGUNAAN METODE PROMETHEE DALAM SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN UNTUK PENENTUAN MEDIA PROMOSI Studi Kasus: STMIK Indonesia. *Kursor*, Vol 5.
7. Silitonga, A. (2009). *Sistem Pendukung Keputusan Rekrutmen Menggunakan Metode Promethee Pada PT. PAL Indonesia*. Surabaya: STIKOM.
8. Sopaheluwakan, Y. (2008). *Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Rumah Menggunakan Metode Promethee Berbasis Web*. Surabaya: STIKOM.

Kajian Perancangan Perangkat Lunak Berorientasi Obyek

Pada Kasus Sistem Informasi Manajemen

Danang Widjajanto
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Jakarta
Depok, Indonesia
dngwijayanto@gmail.com

Latif Mawardi
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Jakarta
Depok, Indonesia
latif.r33@gmail.com

Abstrak— Salah satu tahapan kritis pada proses pembuatan perangkat lunak adalah pada tahap perancangan. Kualitas suatu perangkat lunak sangat ditentukan oleh kualitas rancangannya. Salah satu jenis perangkat lunak yang sangat besar manfaatnya bagi kehidupan manusia pada saat ini adalah perangkat lunak SIM (Sistem Informasi Manajemen). Setiap perangkat lunak dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman. Saat ini bahasa pemrograman yang paling populer disebabkan keunggulannya yang banyak adalah bahasa pemrograman berorientasi obyek. Untuk mendapatkan manfaat yang sebenarnya dari keunggulan bahasa pemrograman berorientasi obyek dibutuhkan proses perancangan perangkat lunak yang berorientasi obyek juga. Metode perancangan berorientasi obyek yang saat ini berjaya di seluruh dunia adalah metode perancangan dengan menggunakan UML (Unified Modelling Language). Untuk perancangan proyek pembuatan sistem informasi yang berskala besar UML sangat sesuai untuk didampingi dengan metode lain yang disebut RUP (Rational Unified Process).

key words : SIM, UML, RUP, Pemrograman Berorientasi Obyek

I. PENDAHULUAN

Sebagaimana halnya dengan proses rekayasa yang lainnya, agar menghasilkan keluaran yang memuaskan, pembuatan suatu perangkat lunak harus dimulai dengan proses perancangan yang baik. Kajian tentang tata cara proses perancangan perangkat lunak telah banyak sekali dilaksanakan oleh para akademisi dan praktisi di seluruh dunia. Walaupun demikian selalu terbuka kesempatan untuk melakukan pengkajian lanjutan baik dalam rangka perbaikan terhadap hasil kajian yang terdahulu maupun penyesuaian terhadap perubahan yang terjadi di dunia.

Makalah ini berusaha membahas salah satu aspek perancangan perangkat lunak yang sangat menarik, karena merupakan salah satu jenis perancangan yang sangat sering dikerjakan yaitu perancangan perangkat lunak berorientasi obyek sistem informasi manajemen berorientasi obyek. Kajian ini melibatkan 3 tema besar yang maknanya perlu diperjelas terlebih dahulu yaitu :

- Sistem Informasi Manajemen

- Pemrograman Berorientasi Obyek.
- Perancangan Perangkat Lunak.

Masing-masing tema diatas merupakan tema yang sangat luas dan tidak mungkin dibahas secara komprehensif dalam sebuah tulisan dan memang makalah ini tidak dimaksudkan untuk itu. Tujuan pembuatan makalah ini adalah sekedar memberikan sebuah wawasan bagaimana seharusnya perancangan sebuah perangkat lunak sistem informasi manajemen dengan menggunakan bahasa pemrograman yang berorientasi obyek dilakukan. Untuk dapat memahami permasalahan yang ada maka pertama kali harus dapat dipahami dengan jelas apa yang dimaksudkan dengan ketiga tema diatas. Berikut ini akan dijelaskan secara singkat pengertian dari ketiga tema besar tersebut.

II. SISTEM INFORMASI MANAJEMEN

Sistem informasi manajemen adalah sebuah sistem komputer yang digunakan oleh sebuah organisasi untuk menyimpan data yang relevan dan mengelolanya menjadi informasi sedemikian rupa sehingga membantu organisasi untuk mencapai tujuannya dengan cara yang paling efisien. SIM merupakan alat bantu bagi pimpinan organisasi dalam melakukan tugasnya yaitu menjalankan, mengevaluasi, mengambil keputusan, dan mengelola semua bagian yang ada didalam organisasi secara efisien.

Untuk sistem yang besar SIM dapat dibagi menjadi beberapa level yang dapat digambarkan sebagai piramid seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 1. Piramida level sistem informasi manajemen

Diagram piramid diatas menunjukkan bahwa MIS yang paling bawah menyuplai informasi untuk MIS diatasnya. Untuk organisasi yang kecil dimungkinkan bahwa MIS hanya terdiri dari satu level yaitu bahwa informai yang dihasilkan oleh MIS yang digunakan untuk memproses transaksi operasional harian sekaligus digunakan oleh top level manajemen untuk mengambil keputusan strategis [2_Design Management Information System - hal 4].

III. PEMROGRAMAN BERORIENTASI OBYEK

Pemrograman berorientasi objek (Object-Oriented Programming disingkat OOP) merupakan paradigma pemrograman yang berorientasikan kepada objek. Semua data dan fungsi di dalam paradigma ini dibungkus dalam kelas-kelas atau objek-objek. Setiap objek dapat menerima pesan, memproses data, dan mengirim pesan ke objek lainnya.

Model data berorientasi objek dikatakan dapat memberi fleksibilitas yang lebih, kemudahan mengubah program, dan digunakan luas dalam teknik piranti lunak skala besar. Pendukung OOP mengklaim bahwa OOP lebih mudah dipelajari bagi pemula dibanding dengan pendekatan sebelumnya, selain itu sistem yang dibuat dengan menggunakan pendekatan OOP lebih mudah dikembangkan dan dipelihara.

Ada tiga karakteristik bahasa Pemrograman Berorientasi Obyek, yaitu :

- Pengkapsulan (Encapsulation) : mengkombinasikan suatu struktur dengan fungsi yang memanipulasinya untuk membentuk tipe data baru yaitu kelas (class).
- Pewarisan (Inheritance) : mendefinisikan suatu kelas dan kemudian menggunakannya untuk membangun hirarki kelas turunan, yang mana masing-masing turunan mewarisi semua akses kode maupun data kelas dasarnya.
- Polimorfisme (Polymorphism) : memberikan beberapa aksi untuk satu nama yang dipakai bersama

pada satu hirarki kelas, yang mana masing-masing kelas hirarki menerapkan cara yang sesuai dengan dirinya

Dikarenakan berbagai kelebihanannya dibandingkan konsep pemrograman sebelumnya, saat ini konsep pemrograman berorientasi obyek merupakan konsep pemrograman yang paling banyak digunakan diseluruh dunia. Berikut ini beberapa kelebihan yang ada pada OOP.

- Menyediakan struktur modular program yang sangat jelas
- Sangat baik untuk mendefinisikan tipe data abstrak
- Implementasi detail dari suatu modul disembunyikan dari modul yang lain, pada setiap modul dapat disediakan antar muka agar dapat berkomunikasi dengan modul lainnya.
- Pemeliharaan program mudah untuk dilakukan
- Pembuatan modul baru dapat dilakukan dengan melakukan sedikit perubahan pada modul yang telah ada.
- Dapat mengimplementasikan skenario riil yang ada di lapangan.
- Sangat cocok untuk digunakan pada proyek yang besar
- Manajemen memori dilakukan secara otomatis dll.

IV. PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK

Sistem informasi manajemen merupakan sebuah sistem komputer yang dirancang khusus untuk keperluan suatu organisasi. Sebuah sistem komputer tersusun dari hardware dan software yang menerima data, menyimpan dan memprosesnya sesuai kebutuhan sistem organisasi.

Agar dapat memenuhi kebutuhan organisasi SIM harus dirancang secara terintegrasi antara perangkat lunak dan perangkat keras. Dalam perancangan suatu SIM perangkat lunak mendapat prioritas untuk difikirkan terlebih dahulu dibandingkan dengan hardware karena perangkat lunak SIM sifatnya yang sangat khusus dan disesuaikan dengan keadaan dan kebutuhan organisasi kebutuhan organisasi sedangkan perangkat keras sifatnya umum.. Perangkat keras yang sama dapat digunakan diberbagai organisasi yang berbeda-beda, sedangkan perangkat lunak SIM yang dibuat khusus untuk sebuah organisasi tertentu tidak akan dapat digunakan oleh organisasi yang kecuali dengan penyesuaian-penyesuaian tertentu yang tidak terlalu mudah untuk dilakukan.

Proses perancangan perangkat lunak SIM melibatkan banyak aktivitas, Berikut ini adalah aktivitas-aktivitas

penting yang harus dilakukan dalam perancangan perangkat lunak SIM yaitu.

- **Permodelan Bisnis** (Business Modelling) : Pembuatan model untuk mendeskripsikan proses bisnis dari sistem yang akan dibuat perangkat lunaknya
- **Analisis Kebutuhan** (Requirements) : Proses identifikasi kebutuhan-kebutuhan sistem, pelaku-pelaku yang terlibat didalam sistem, batasan-batasan yang ada didalam sistem. Hasil akhirnya adalah sebuah dokumen yang secara terstruktur dan rinci menjelaskan apa saja yang harus dikerjakan oleh perangkat lunak nantinya.
- **Disain dan Analisis** (Analysis & Design) : Penyusunan model perangkat lunak yang akan dibuat. Perbedaan antara proses analisis dan perancangan terletak pada model yang dibuat. Proses analisis berusaha membuat model logika dari perangkat lunak yang akan dibuat sedangkan proses perancangan melangkah lebih jauh lagi yaitu pembuatan model fisik dari perangkat lunak yang akan dibuat secara lebih detail.
- **Implementasi** : Proses pembuatan skrip perangkat lunak (koding) dengan mengacu pada model yang telah dibuat.
- **Testing** : Testing merupakan proses iteratif yaitu dilakukan berulang-ulang selama proses implementasi dikerjakan
- **Deployment** : Proses pendistribusian software siap pakai kepada para pengguna
- **Configuration & Change Management** : Manajemen versi perangkat lunak. Sangat penting untuk perangkat lunak yang besar yang melibatkan banyak pemrogram didalam tim.
- **Manajemen Proyek** (Project Management) : pengelolaan seluruh proses pembuatan perangkat lunak
- **Environment** : Penyediaan fasilitas-fasilitas pendukung kepada tim pembuat perangkat lunak.

Semua aktivitas diatas merupakan bagian dari siklus pengembangan perangkat lunak yang lebih dikenal dengan singkatan SDLC (Software Development Life Cycle)

V. PERANCANGAN SIM BERORIENTASI OBYEK

Agar dapat memenuhi kebutuhan organisasi SIM harus dirancang secara cermat dari awal dimulainya proyek. Setiap kesalahan yang ada pada saat perancangan harus dapat dideteksi sedini mungkin untuk menghindari kerugian yang lebih besar karena berdasarkan pengalaman perbaikan kesalahan rancangan pada akhir memerlukan

biaya yang jauh lebih besar dibandingkan dengan jika kesalahan tersebut dapat terdeteksi lebih awal [4].

Berdasarkan pengamatan tentang bagaimana analisis dan disain dipraktekkan di beberapa tempat, dapat disimpulkan bahwa banyak profesional secara sederhana mengadopsi bahasa pemrograman berorientasi obyek atau mengimplementasikan sebagian proses pengembangan berorientasi obyek, namun sangat sering mereka tidak dapat menerapkannya secara efektif [2].

Beberepa pemrogram telah dapat mengorganisasikan sistem kedalam kelas dan paket (package) secara memadai tapi mereka masih menuliskan skrip program didalam method dari kelas dan paket secara acak-acakan. Ada juga keadaan dimana pengembang perangkat lunak masih menggunakan teknik dekomposisi fungsional top-down didalam sebuah method. Hal ini sangat tidak tepat karena teknik dekomposisi top-down hanya cocok untuk paradigma pemrograman terstruktur. Agar dapat membangun program yang benar-benar berorientasi obyek pemrogram harus menguasai teknik penugasan delegasi dan tanggung jawab (delegation and responsibility assignment) yang mengarah kepada script program yang dapat digunakan ulang karena antara satu modul dengan modul yang lain relatif saling independen (low coupling).

Untuk selanjutnya pembahasan pada bagian ini akan dibagi lagi menjadi beberapa bagian yaitu UML, Rational Unified Process (RUP), Metode Pengembangan Perangkat Lunak Berorientasi Obyek.

A. UML (Unified Modeling Language)

Salah satu alat yang sangat berguna, sering digunakan, dan praktis hampir menjadi standar dalam proses analisis dan perancangan perangkat lunak berorientasi obyek adalah diagram UML. UML yang merupakan kependekan dari Unified Modeling Language sebagaimana namanya adalah merupakan sebuah bahasa yang digunakan untuk mengkomunikasikan model teknis dalam bentuk diagram-diagram. UML ditemukan berpuluh tahun yang lalu, dan sampai sekarang masih sangat intensif digunakan oleh para akademisi maupun praktisi. Sejak ditemukan hingga saat ini UML senantiasa mengalami perbaikan. Saat ini diagram-diagram UML dikelompokkan menjadi 3 keluarga yaitu

- **Structure Diagram** : termasuk didalamnya adalah diagram package diagram, class diagram, object diagram, component diagram, dan deployment diagram. Structure Diagram digunakan untuk mendefinisikan komponen-komponen apa saja yang harus diimplementasikan oleh sistem. Diagram-diagram dalam keluarga ini digunakan menspesifikasikan bagian-bagian sistem yang sifatnya independen terhadap waktu
- **Behaviour Diagram** : termasuk didalamnya adalah use-case diagram, state-machine diagram, dll.

Diagram-diagram ini digunakan untuk mendeskripsikan fungsionalitas dari sistem yaitu menjelaskan tentang proses bisnis sistem yang berubah dengan waktu.

- Interaction Diagram : termasuk didalamnya adalah communication diagram, sequence diagram, timing diagram, dan interaction overview diagram. Interaction Diagram merupakan bagian dari Behaviour Diagram.

Dalam prakteknya tidak semua diagram tersebut harus digunakan. Hanya diagram yang dipandang akan memberikan informasi yang cukup yang akan digunakan, dan ini tergantung pada sistem yang akan ditangani.

B. RUP (Rational Unified Process)

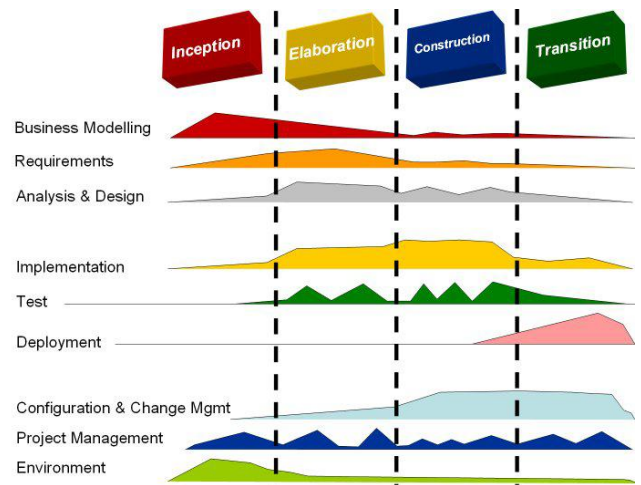
Rational Unified Process adalah sebuah metodologi manajemen pengembangan atau pembuatan perangkat lunak yang melaksanakan aktivitas-aktivitas SDLC secara iteratif. Metode ini sangat efektif untuk digunakan dalam pengembangan perangkat lunak berorientasi obyek terutama untuk proyek yang berskala besar dan melibatkan banyak programmer didalamnya, seperti yang banyak terjadi pada sistem informasi manajemen yang digunakan di perusahaan-perusahaan besar. Walaupun UP dirancang untuk pengembangan perangkat lunak berskala besar, namun esensi yang ada didalamnya dapat dijadikan inspirasi dalam pengembangan perangkat lunak dalam skala yang lebih kecil.

Prinsip dasar metode RUP adalah sebagai berikut :

- Use Case Driven : artinya pengembangan perangkat lunak direncanakan dan diorganisasikan berdasarkan pada serangkaian use-case diagram.
- Iterative and Incremental : proses pengembangan secara iteratif atau berulang-ulang dimana disetiap pengulangan selalu ada kemajuan dibandingkan sebelumnya
- Risk Oriented : bagian proyek yang mempunyai resiko lebih tinggi akan diberi perhatian lebih dari saat awal proyek
- Pengelolaan requirement
- Menggunakan arsitektur berbasis komponen
- Permodelan perangkat lunak secara visual menggunakan diagram-diagram UML
- Pengecekan kualitas perangkat lunak secara berkesinambungan.

Keunikan utama dari RUP adalah bahwa semua tahapan aktivitas perancangan perangkat lunak yang ada didalam SDLC dilaksanakan secara simultan sepanjang

proyek berjalan. Proses ini dapat digambarkan dengan grafik sbb.



Gambar 2. Proses Rational Unified Process

Gambar 2 menunjukkan bagaimana semua aktivitas dalam SDLC yaitu business modelling, requirement analysis collection, analysis & design software, dst dilakukan secara simultan sepanjang proyek pengembangan perangkat lunak berjalan. RUP membagi waktu pelaksanaan pengembangan perangkat lunak menjadi 4 tahapan yaitu.

- Fase permulaan (inception) : Tujuan fase ini adalah untuk melakukan segala persiapan lain yang diperlukan untuk tahapan selanjutnya, mempelajari model bisnis dari obyek yang akan dibuat sistem informasinya, memperhitungkan seberapa besar kontribusi SIM terhadap peningkatan kinerja sistem.. Jika hasilnya menunjukkan bahwa kontribusi tidak cukup besar terhadap kinerja sistem, maka proses pengembangan dapat dihentikan pada fase ini.
- Fase perluasan (elaboration) : Tujuan fase ini adalah meningkatkan pemahaman terhadap domain permasalahan, menetapkan kerangka kerja arsitektur sistem, membuat perencanaan proyek, mengidentifikasi resiko-resiko yang mungkin ada, Pada akhir fase ini harus diperoleh model kebutuhan sistem, yang biasanya berupa dokumen-dokumen UML berupa diagram use-case, deskripsi arsitektur, dan dokumen rencana perangkat lunak yang detail dan lengkap. Pada fase ini implementasi juga sudah dilakukan dengan mempersiapkan modul-modul siap pakai dan pola disain (design pattern) yang kemungkinan akan digunakan di sistem.
- Fase pembangunan (construction) : Fase ini melibatkan proses penulisan skrip program, testing dan perbaikan rancangan jika diperlukan. Pada akhir

fase ini perangkat lunak harus sudah lengkap dibuat dan siap untuk diserahkan kepada pengguna akhir lengkap dengan dokumentasinya

- Fase peralihan (transition) : Fase terakhir ini terkait dengan proses pengalihan perangkat lunak dari komunitas pengembang kepada komunitas pengguna dan meyakinkan bahwa sistem perangkat lunak benar-benar dapat digunakan di lapangan.

C. Metode Pengembangan Berorientasi Obyek

Dari uraian sebelumnya dapat diperoleh pemahaman bahwa UML adalah bahasa permodelan yang cocok digunakan untuk mengkomunikasikan ide permodelan perangkat lunak berorientasi obyek, termasuk didalamnya perangkat lunak sistem informasi manajemen; dan RUP adalah metode manajemen pengorganisasian proyek pengembangan perangkat lunak berorientasi obyek untuk skala yang besar. Tapi sejauh ini belum dibahas secara teknis bagaimana sebenarnya metode perancangan perangkat lunak berorientasi obyek itu dilakukan.

Pemrograman berorientasi obyek sangat berbeda dibandingkan pemrograman prosedural yang sangat populer sebelumnya. Sesuai dengan namanya pemrograman berorientasi obyek menjadikan obyek sebagai orientasi utama. Pemrogram berorientasi obyek berusaha mengidentifikasi obyek-obyek yang terlibat didalam sistem dan mentransformasikannya kedalam program yang dibuatnya. Sebuah obyek didalam program berorientasi obyek adalah representasi dari obyek nyata didalam sistem yang dilayaninya.

Teknik yang digunakan untuk mewujudkan hal ini adalah dengan menciptakan suatu struktur program yang mawadahi semua atribut yang ada pada sebuah obyek. Struktu seperti ini dinamakan dengan kelas (class).

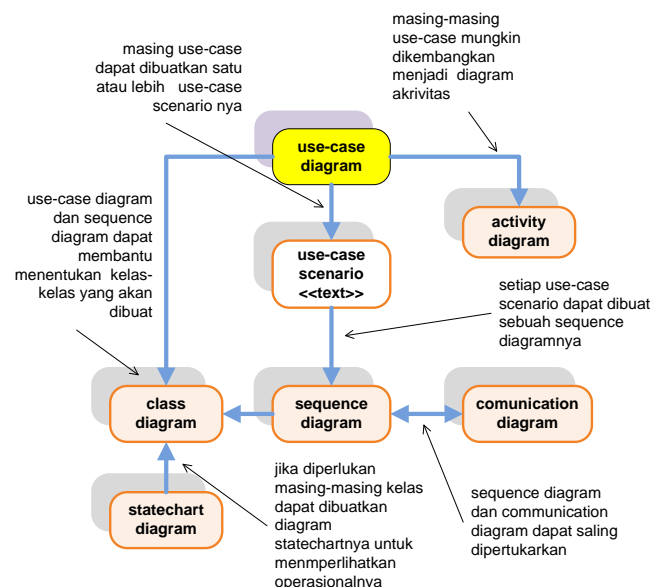
Ada 2 konsep yang harus dipahami di program berorientasi obyek yaitu obyek dan kelas.

- Obyek adalah orang, tempat, atau hal-hal yang relevan dengan sistem yang kita analisis. Program berorientasi obyek menggambarkan entitas sebagai obyek. Entitas-entitas seperti pelanggan, item, perintah, dll. adalah kandidat yang dapat ditransoformasikan sebagai obyek didalam program. Entitas lainnya seprti tampilan text ataupun grafis di layar komputer juga dapat dijadikan obyek didalam program
- Kelas adalah kumpulan dari obyek-obyek yang sejenis. Kecenderungan untuk mengelompokkan obyek-obyek kedalam sebuah kelas adalah suatu hal yang alamiah. Mengelompokkan jambu, mangga, dan rambutan sebagai kelas buah adalah salah satu contoh klasifikasi. Ilmu biologi membagi hewan menjadi beberoa kelas seperti mamalia dan serangga, dan kemudian membagi kelas menjadi subclass (seperti mamalia yang dan mamalia berkantung).

Sebenarnya tugas utama dari proses analisis dan perancangan perangkat lunak berorientasi obyek adalah merancang kelas-kelas program yang dapat merepresentasikan sistem yang dilayani (dalam hal ini sistem informasi manajemen), dan sekaligus kelas-kelas yang menyediakan operasi-operasi layanan yang dibutuhkan oleh organisasi sedemikain rupa sehingga menjadi satu sistem perangkat lunak yang utuh, terstruktur, rapi, dan efisien.

Dalam kasus perancangan sistem informasi manajemen berorientasi obyek, tantangan berat yang harus dihadapi adalah bagaimana memahami secara akurat sistem manajemen dari organisasi yang akan dibuatkan perangkat lunaknya dan selanjutnya mentransformasikannya menjadi perangkat lunak berorientasi obyek. Jika terjadi kesalahan atau ketidak akuratantan pada proses ini maka dapat dipastikan perangkat lunak yang dihasilkan tidak berguna atau gagal. Masalahnya proses pemahaman terhadap sistem bukanlah sesuatu pekerjaan yang mudah lebih-lebih untuk sistem besar yang melibatkan banyak pemangku kepentingan. Untuk itu pengembang harus melakukan komunikasi yang sangat intensif dengan semua stake holder yang ada.

Untuk mewujudkan hal ini perancangan perangkat lunak berorientasi obyek umumnya dimulai dengan pendekatan use-case, baru kemudian diikuti oleh langkah-langkah lainnya. Gambar beriktu ini menunjukkan alur proses perancangan perangkat lunak berorientasi obyek dengan menggunakan UML.



Gambar 3. Permodelan UML dimulai dari use-case diagram

Berikut ini adalah penjelasan dari gambar diatas.

Use-Case Diagram.

Use-case diagram memodelkan sistem dari sudut pandang pengguna, yaitu interaksi antara pengguna dengan sistem, apa yang sistem kerjakan tanpa menjelaskan bagaimana sistem melakukan itu. Use case diagram mudah untuk dipahami oleh orang awam sekalipun. Dengan use-case diagram pengembang perangkat lunak dapat mengetahui apa saja yang diinginkan oleh pengguna dari sistem yang akan dibuat.

Kita dapat memandang use case sebagai sebuah rangkaian transaksi didalam sebuah sistem. Di use-case selalu terdapat 3 hal yaitu aktor yang memulai kejadian, kejadian yang memicu use case, dan use case yang melaksanakan aksi yang dipicu oleh sebuah kejadian. Use-case digunakan untuk mendokumentasikan suatu transaksi atau kejadian tunggal.

Permodelan menggunakan use-case diagram berdasar kepada interaksi dan hubungan antara sesama use case dalam sistem, antara use case dengan user, dan antara use-case dengan sistem lain

Analisis perangkat lunak mengembangkan use-case diagram dengan kerja sama dengan para pakar dari sistem yang akan dibuat SIM nya. Use-case diagram merupakan sarana yang efektif untuk komunikasi antara tim pembuat SIM dengan tim ahli dari organisasi yang akan dibuat SIM nya.

Use-Case Scenario.

Use-case scenario berfungsi melengkapi informasi yang ada di sebuah use-case. Use-case scenario berisi semua informasi yang dianggap penting dan relevan dengan use-case tersebut. Informasi tentang use-case ini disusun dalam bentuk form yang bentuknya dapat disesuaikan kebutuhan. Sebuah use-case dapat dibuatkan satu atau lebih use-case scenario nya. Masing-masing use-case scenario menjelaskan salah satu alternatif.

Use-case diagram dan use-case scenario merupakan alat bantu yang ampuh untuk membantu memahami bagaimana sistem organisasi beroperasi secara umum. Disamping itu keduanya juga merupakan dasar untuk pembuatan diagram-diagram yang lain seperti diagram kelas dan activity diagram. Keberadaan use-case scenario juga sangat membantu dalam pembuatan sequence diagram.

Activity Diagram.

Masing-masing use-case scenario dapat dibuatkan sebuah activity diagramnya. Activity diagram digunakan untuk mengilustrasikan seluruh aliran aktivitas dari sebuah use-case.. Aliran aktivitas dapat berjalan secara serial maupun paralel dan dapat juga bercabang yaitu ketika ada dua atau lebih pilihan kemungkinan aliran aktivitas. Semua hal tersebut dapat diilustrasikan dengan jelas didalam sebuah activity diagram .

Activity diagram dibuat dengan menanyakan apakah yang mula-mula terjadi, setelah itu apa yang akan terjadi dan seterusnya. Seorang analis harus menetapkan apakah aktivitas-aktivitas berjalan secara serial (berurutan waktunya) atau secara paralel (bersamaan waktunya). Ketika sampai pada suatu aktivitas dimana harus diambil suatu keputusan seorang analis harus mencari tahu apa yang akan terjadi selanjutnya jika masing-masing alternatif keputusan diambil.

Activity diagram juga dapat digunakan sebagai dasar untuk rencana pengujian. Setiap kejadian harus diuji dan dilihat apakah diagram aktivitas akan berpindah ke aktivitas berikutnya sesuai dengan yang ada di diagram.

Tidak semua use-case perlu dibuat activity diagramnya. Activity diagram perlu dibuat jika salah satu hal dibawah ini terpenuhi.

- Dapat membantu memahami aktivitas-aktivitas yang ada didalam use-case
- Aliran kontrol didalam use-case cukup kompleks
- Ada keperluan untuk memodelkan aliran kerja
- Semua skenario yang ada di use-case perlu diperlihatkan

Sequence Diagram.

Sequence diagram digunakan untuk memperlihatkan urutan-urutan interaksi antar kelas atau obyek yang terlibat pada suatu use-case dalam jangka waktu tertentu yaitu mulai dari obyek diciptakan sampai obyek musnah. Penekanan adalah pada urutan waktu kejadian dari aktivitas yang terjadi antara satu kelas dengan kelas yang lain. Dari sebuah use case-scenario dapat dibuat satu sequence-diagram.

Sebagai alternatif dari sequence diagram adalah communication diagram yang berisi informasi yang persis sama dengan sequence diagram namun beda penekanannya, communication diagram lebih memberikan penekanan kepada aliran komunikasi antar kelas dan bukan waktu kejadian seperti pada sequence diagram.

Class Diagram.

Salah satu tujuan terpenting dari metodologi analisis berorientasi obyek yang dilakukan pada permodelan use-case, activity diagram, dan sequence diagram adalah untuk memperoleh kelas, atribut, method dan hubungan-hubungan antar kelas yang direpresentasikan dengan class diagram. Class diagram hanya dapat memperlihatkan sisi statis dari sistem, dan tidak dapat merepresentasikan proses-proses yang terjadi didalamnya. Jika ingin melihat proses-proses yang terjadi didalam sistem kita harus menengok lagi ke use-case diagram, activity diagram atau sequence diagram yang telah dibuat sebelumnya.

Class diagram adalah model perangkat lunak berorientasi obyek dan merupakan produk akhir dari

proses analisis dan perancangan yang akan menjadi acuan utama pada proses berikutnya yaitu realisasi pembangunan perangkat lunak.

Dapat diharapkan bahwa class diagram yang disusun secara cermat, rapi, dan terstruktur yang dihasilkan dari pengimplementasian proses dan metode yang benar-benar berorientasi obyek seperti pada langkah-langkah diatas akan menjadi class diagram yang benar-benar merepresentasikan organisasi sistem dan juga operasi-operasi layanan dibutuhkan oleh organisasi.

Dengan tersedianya class diagram yang berkualitas seperti itu maka tugas programmer akan menjadi jauh lebih ringan. Dengan class diagram yang berkualitas tinggi maka kans untuk menghasilkan produk akhir berupa sistem informasi manajemen yang benar-benar dapat memenuhi kebutuhan pengguna menjadi jauh lebih tinggi.

KESIMPULAN

Untuk membangun suatu sistem informasi manajemen yang benar-benar memenuhi kebutuhan suatu organisasi dibutuhkan proses perancangan yang baik dengan menggunakan metode-metode yang telah terbukti efektivitasnya. Metode yang telah terbukti efektif untuk itu adalah metode perancangan berorientasi obyek dengan menggunakan alat bantu UML (Unified Modelling Language). Untuk proyek yang skalanya besar metode UML akan lebih efektif kalau didampingi dengan metode RUP (Rational Unified Process). Output proses perancangan berorientasi obyek adalah berupa class diagram yang akan dijadikan dasar untuk realisasi perangkat lunak sebenarnya. Salah satu proses yang kritis dalam pembuatan perangkat lunak sistem SIM (Sistem Informasi Manajemen) adalah proses analisis kebutuhan sistem, karena dalam proses ini dibutuhkan komunikasi yang intensif antara 2 pihak berbeda bidang keahliannya

REFERENSI

- [1] Kendal & Kendall; System Analysis and Design 8th ed., Prentice Hall, 2010.
- [2] Raul Sidnei Wazlawick; Object-Oriented Analysis and Design for Information Systems, Elsevier Inc 2014.
- [3] Hans Van Der Heijden; Design Management Information Systems, Oxford University Press, 2009.
- [4] Sommerville; Software Engineering, 9th ed., Addison - Wesley 2011.
- [5] Graham Curtis and David Cobham; Business Information Systems Analysis, Design and Practice, 7th ed. Pearson Education Limited 2005.
- [6] Craig Larman; Applying UML and Patterns, 2nd ed., Pearson, 2002.
- [7] Kelvindra Suryadi, Holly Deviarti, and. Vini Mariani; "Analysis and Design of Accounting Information System for Small Medium Enterprise Case Study From Indonesia" in Journal of Theoretical and Applied Information Technology Vol. 61 No.1 2014.
- [8] Zhenhai Mu; "An Object Oriented-Based Design for Urban Public Transportation Management Systems", in Applied Mechanics and Materials Vols 556-562 (201) pp 6750 - 6753, Trans Tech Publications, Switzerland 2014.
- [9] Jyhjiong Lin' "An Object Oriented Development Method For Consumer Support Systems", in International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering Vol. 19, No. 7 (2009) 933-960.
- [10] Qiumei Zhang; "Structure and Development of Management Information System in Furniture Enterprises", in Information Technology Journal 13 (10): 1709-1 715, 2014.
- [11] Jan Wortmann' "Object-Oriented Analysis for Advanced Flight Data Management", Technische Universität Berlin 199.
- [12] Per Runeson and Peter Greberg; "Extreme Programming and Rational Unified Process – Contrasts or Synonyms?", Lund University, Sweden.

KARAKTERISTIK PEMBAKARAN BRIKET AMPAS TEBU SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF DENGAN PEREKAT LIGNINNYA SENDIRI DAN BERBEDA DIMENSINYA

Digdo Listyadi S
Program Studi S1 Teknik Mesin
Universita Jember
Jember, Indonesia
digdo_listya@yahoo.co.id

Program Studi S1 Teknik Mesin
Universita Jember
Jember, Indonesia
nasrul.teknik@unej.ac.id

Novi Arifiansyah
Alumni Prodi S1 Teknik Mesin
Universitas Jember.

Nasrul Ilminnafik

Abstrak— Sebagai sumber energi alternatif, ampas tebu dapat digunakan sebagai bahan pembuatan briket biomassa. Pembriketan ampas tebu dapat meningkatkan kapabilitasnya menahan panas dalam waktu yang lebih lama dan memudahkan penyalanya. Briket ampas tebu dengan perekat lignin yang terkandung didalamnya merupakan briket yang dibuat tanpa menggunakan perekat tambahan. Pada penelitian ini, lignin diaktifkan sebagai perekat dengan cara pengempaan panas pada temperatur 200°C. Penelitian bertujuan untuk mengetahui karakteristik pembakaran briket ampas tebu dengan memvariasikan dimensi briket. Dengan mempertahankan kerapatan sebesar 1,1018 g/cm³, variasi dimensi yang diberikan pada briket adalah dia. 16 mm, tinggi 34 mm dan massa 7,5 gram (Briket B1), dia. 18 mm, tinggi 36 mm dan massa 10 gram (Briket B2), dan dia. 22 mm, tinggi 36 mm dan massa 15 gram (Briket B3). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dimensi briket memberi pengaruh pada karakteristik pembakaran. Semakin kecil dimensi yang dimiliki briket, maka briket semakin cepat dalam memulai kenaikan temperatur dan mencapai titik puncak kenaikan temperaturnya serta waktu pembakaran yang semakin singkat. Briket B1 mencapai titik puncak sebesar 230,8°C pada menit ke-11, Briket B2 : 303,4°C pada menit ke-13, dan Briket B3 : 361,3°C pada menit ke-16. Semakin kecil dimensi yang dimiliki briket, maka briket semakin cepat dalam memulai pengurangan massanya. Pada 6 menit awal pada waktu pembakaran, Briket B1 mengalami pengurangan massa paling tinggi dengan 10,96 gram, sementara Briket B2 : 7,11 gram dan Briket B3 : 3,46 gram. Semakin kecil dimensi yang dimiliki briket, semakin cepat nilai laju pembakaran tertingginya tercapai dan berlaku juga sebaliknya. Laju pembakaran pada briket berbanding lurus dengan kenaikan temperatur dan pengurangan massa. Laju pembakaran tertinggi pada Briket B1 : 84 mg/s pada menit ke-8, Briket B2 : 105 mg/s pada menit ke-11, Briket B3 : 98 mg/s dan pada menit ke-16. Kalor yang dilepaskan Briket B3 air memiliki nilai yang paling tinggi sebesar

1489,65 KKal efisiensi termalnya 25,62 % dibandingkan dengan Briket B1: 967,27 KKal efisiensi termalnya 12,33 % dan Briket B2 : 1111,55 KKal efisiensi termalnya 14,85 %

Kata kunci: briket ampas tebu, karakteristik pembakaran, perekat lignin

I. PENDAHULUAN

Sebagai sumber energi alternatif, ampas tebu digunakan sebagai bahan pembuatan briket biomassa. Setiap kilogram ampas dengan kandungan gula sekitar 2,5 % akan memiliki kalor sebesar 1825 KKal [1]. Pembriketan ampas tebu dapat meningkatkan kapabilitasnya menahan panas dalam waktu yang lebih lama dan memudahkan penyalanya. Selain itu, pembriketan juga mengurangi jumlah abu hasil pembakaran yang berterbangan karena sebagian abu terikat pada arang briket. Briket dapat digunakan sebagai sumber energi panas skala rumah tangga, industri kecil skala rumah tangga, bahkan untuk pembangkit tenaga pada perindustrian besar

Pada proses pembriketan, biasanya digunakan perekat tambahan berupa perekat pati. Semakin meningkat kandungan bahan perekat mengakibatkan nilai kalor menurun [2]. Pembriketan pada penelitian ini tanpa menggunakan perekat tambahan, melainkan memanfaatkan lignin yang terkandung dalam ampas tebu sendiri sebagai perekatnya. Keberadaan lignin membuat kayu mampu meredam kekuatan mekanis yang dikenakan terhadapnya, sehingga memungkinkan usaha pemanfaatan lignin sebagai bahan perekat dan pengikat (*binder*) pada partikel dan kayu lapis [3].

Pada papan partikel dari bahan kayu jati dapat dibuat tanpa menggunakan perekat. Dengan metode pengempaan

panas pada temperatur 180°C, 200°C, dan 220°C, papan partikel non perekat menghasilkan sifat mekanik paling baik pada temperatur 200°C [4].

Baik lignin mempunyai gugus fenolik. Hal tersebut membuat lignin dapat dimanfaatkan sebagai bahan perekat dan pengikat (*binder*). Dengan penambahan panas pada material kayu, maka dapat diasumsikan bahwa kadar air dalam material membentuk uap di bawah kondisi tekanan tinggi yang kemudian menghidrolisis hemiselulosa dan lignin. Ketika mengalami panas dan tekanan dalam cetakan, produk-produk tersebut akan melunak dan bertindak sebagai perekat. Lignin dapat diaktifkan dengan cara pengempaan panas (*hot press*). Lignin menunjukkan stabilitas yang paling termal dengan temperatur pelunakan 160°C-200°C [5].

Pembakaran bahan bakar padat memiliki tahapan-tahapan tertentu, yaitu pengeringan, devolatilisasi dan pembakaran arang [6]. Beberapa karakteristik pembakaran yang pernah diamati pada proses pembakaran adalah perubahan temperatur, laju pengurangan massa, laju pembakaran, dan nilai kalor. Laju kenaikan temperatur dinyatakan sebagai penambahan temperatur akibat pembakaran briket pada satuan waktu. Laju pengurangan massa adalah pengurangan massa briket akibat pembakaran pada satuan waktu tertentu. Laju pembakaran merupakan laju oksidasi karena membutuhkan oksigen dalam reaksinya. Dimana besarnya dinyatakan dari besar pengurangan massa tiap satuan waktu.

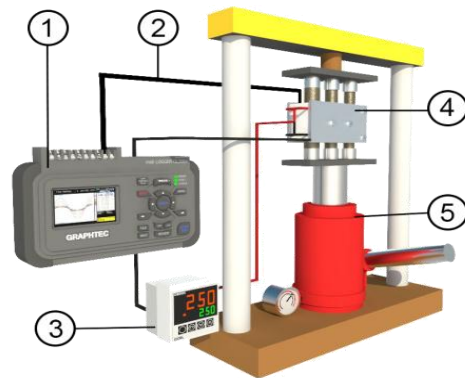
Kalor merupakan sebuah energi yang dapat berpindah dari benda bertemperatur tinggi ke temperatur rendah. Perpindahan kalor dari briket dapat diuji dengan metode *water boiling test*. Berdasar pada Hukum Kekekalan Energi, maka dengan *water boiling test* dapat dinyatakan bahwa kalor yang diterima oleh air sama dengan kalor yang dilepaskan oleh briket. Kalor yang diterima air pada metode *water boiling test* dipengaruhi oleh kalor sensibel air, kalor laten air, kalor sensibel panci sebagai *water boiling pot* dan kalor konveksi alami [7].

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik pembakaran briket ampas tebu dengan tiga variasi dimensi briket untuk mengetahui pengaruh yang diberikan ketiga variasi dimensi terhadap kenaikan temperatur, laju pengurangan massa, laju pembakaran, dan pelepasan kalor.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan bahan dari ampas tebu lolos ayakan mesh 30-50. Dengan mempertahankan kerapatan sebesar 1,1018 g/cm³, variasi dimensi yang diberikan pada briket adalah diameter 16 mm dengan tinggi 34 mm (B1), diameter 18 mm dengan tinggi 36 mm (B2), dan diameter 22 mm dengan tinggi 36 mm (B3). Setelah ditimbang,

ampas tebu dengan berat 7,5 gram dimasukkan ke dalam dies berdiameter 16 mm, 10 gram ke dalam dies berdiameter 18 mm, dan 15 gram ke dalam dies berdiameter 22 mm. Setelah itu ampas tebu dicetak dengan tekanan semaksimal mungkin hingga dimensi briket yang ditentukan tercapai. Temperatur yang diberikan saat pencetakan briket dengan metode hot press adalah 200°C. Alat pencetakan yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema alat pencetakan briket

Keterangan:

1. Temperatur data logger
2. Termokopel
3. Termokontrol
4. Rangkaian dies
5. Pompa Hidrolik

Setelah itu, briket hasil pencetakan diuji karakteristik pembakarannya. Uji pembakaran dilakukan dengan suplai udara ke ruang bakar dengan kecepatan 0,6 m/s, total massa briket pada setiap uji pembakaran masing-masing variasi dimensi sebesar 60 gram, total massa air pada *Water Boiling Test* sebesar 60 gram.

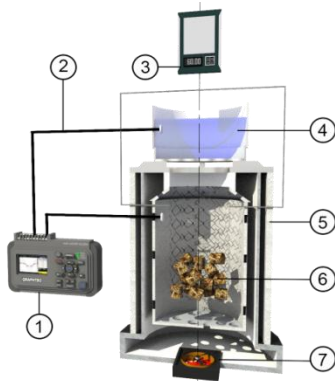
Pengujian B1 dilakukan dengan memasukkan 8 buah briket berdiameter 16 mm yang bermassa 7,5 gram (total massa 60 gram) ke dalam ruang pembakaran *burner prototype*. Menghidupkan *fan* pada *burner* dan membakar briket. Selama pembakaran, perubahan temperatur, perubahan massa, dan perubahan temperatur air diamati setiap menit.

Dari data perubahan temperatur dilakukan perhitungan pada kenaikan temperatur dengan persamaan $\Delta T = T_2 - T_1$, dimana T_1 merupakan temperatur awal setelah terbentuk nyala api dan T_2 adalah temperatur pembakaran pada waktu tertentu.

Dari besarnya pengurangan massa setiap menit dilakukan perhitungan pada laju pembakaran dengan

persamaan $LP = \Delta M / \Delta t$, dimana ΔM adalah besarnya pengurangan massa dan Δt adalah lama pembakaran.

Pengamatan temperatur air dilakukan guna memperoleh nilai perpindahan kalor. Dari perubahan temperatur air dilakukan perhitungan pelepasan kalor. Skema alat uji pembakaran yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 2. Pada pengujian B2 dilakukan dengan briket sebanyak 6 buah briket dan B3 sebanyak 4 buah briket dengan langkah yang sama.



Gambar 2. Skema alat uji pembakaran

Keterangan:

1. Temperatur data logger
2. Termokopel
3. Timbangan digital
4. Panci berisi air
5. Burner
6. Briket
7. Fan

I. HASIL PENELITIAN

Dari pengujian yang dilakukan pada penelitian ini menghasilkan data yang disajikan pada Tabel 1 – Tabel 4 berikut.

TABEL 1. DATA KENAIKAN TEMPERATUR

Waktu (menit)	Temperatur (°C)		
	B1	B2	B3
1	3,7	-3,2	-3,7
2	4,1	-1,9	-4,1
3	5,2	-0,3	1,5
4	13,1	4,3	7,1
5	34,8	15,9	12,6
6	62,9	33,8	14,0
7	104,2	72,5	13,6
8	160,6	101,2	14,3
9	204,7	122,6	18,1
10	220,7	154,6	30,3
11	230,8	189,6	70,8
12	205,8	232,4	91,8
13	194,1	269,3	148,1

14	176,6	254,2	212,1
15	144,8	220,2	258,6
16	119,0	183,0	323,0
17	98,8	139,5	301,2
18	82,6	105,3	291,9

TABEL 2. DATA PENGURANGAN MASSA

Waktu (menit)	Massa (gram)		
	B1	B2	B3
1	59,47	59,87	59,07
2	58,32	59,40	58,51
3	57,68	58,96	58,25
4	56,09	58,01	57,86
5	52,76	55,78	57,34
6	51,06	54,55	56,62
7	48,51	52,76	55,61
8	45,11	50,45	54,95
9	40,08	47,42	54,13
10	35,12	44,68	53,26
11	31,18	40,83	51,70
12	29,86	34,51	49,41
13	27,41	30,73	47,79
14	24,73	26,56	45,55
15	22,64	23,81	42,33
16	20,56	22,13	38,25
17	18,64	20,33	32,39
18	16,50	18,86	27,21

TABEL 3. DATA LAJU PEMBAKARAN

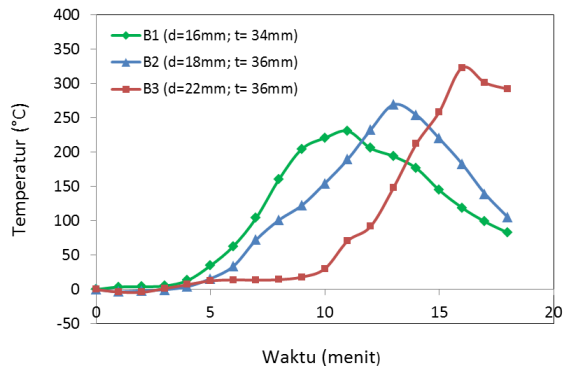
Waktu (menit)	Laju Pembakaran (mg/s)		
	B1	B2	B3
1	19	8	9
2	11	7	4
3	26	16	7
4	56	37	9
5	28	21	12
6	43	30	17
7	57	39	11
8	84	50	14
9	83	46	15
10	66	64	26
11	22	105	38
12	41	63	27
13	45	70	37
14	35	46	54
15	35	28	68
16	32	30	98
17	36	25	86
18	25	19	81

TABEL 4. DATA PERUBAHAN TEMPERATUR AIR

Waktu (menit)	Temperatur (°C)		
	B1	B2	B3
0	24,6	27,1	28,4
1	25,4	26,8	27,6
2	25,6	27,1	26,9
3	26,0	27,4	26,6
4	26,4	28,6	26,5
5	27,6	30,3	28,3
6	28,9	31,2	29,7
7	31,2	32,1	29,9
8	33,1	32,6	29,9
9	34,9	33,5	30,3
10	35,7	34,4	31,1
11	37,6	36,5	32,5
12	39,6	39,4	34,3
13	40,6	42,7	36,7
14	40,7	44,5	40,5
15	40,2	45,6	44,5
16	39,2	44,9	47,7
17	38,0	44,4	51,6
18	35,5	42,1	53,2

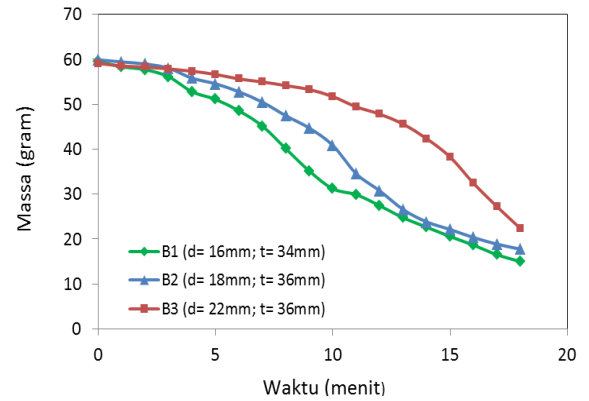
VI. PEMBAHASAN

Hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 3 s/d 6. Pada grafik-grafik tersebut, menunjukkan bahwa karakteristik pembakaran briket ampas tebu dengan perekat ligninnya dipengaruhi oleh variasi dimensinya.



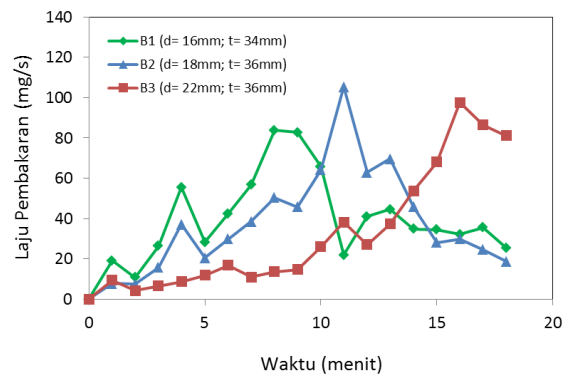
Gambar 3. Kenaikan temperatur

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3, B1 mencapai laju kenaikan tertinggi dengan membutuhkan waktu selama 11 menit pembakaran dengan pencapaian temperatur rata-rata sebesar 230,8°C. B2 membutuhkan waktu selama 13 menit dalam mencapai laju kenaikan tertinggi sebesar 303,4°C. B3 mencapai laju kenaikan tertinggi sebesar 361,3°C dengan waktu selama 16 menit. Briket B1 menunjukkan waktu pembakaran yang paling singkat dalam pencapaian laju kenaikan temperatur tertinggi.



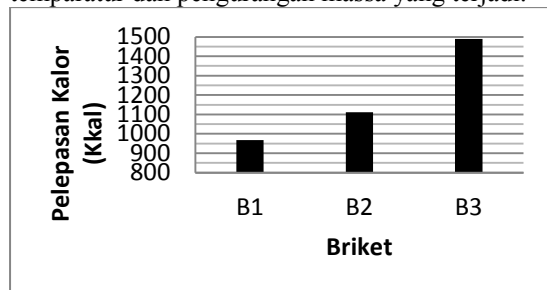
Gambar 4. Pengurangan massa

Berkurangnya massa adalah akibat dari reaksi pembakaran. Besarnya pengurangan massa menunjukkan kecepatan reaksi pembakaran pada briket. Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa pada 6 menit waktu pembakaran awal (menit ke-0 hingga menit ke-6), pengurangan massa yang terjadi pada B1 adalah yang paling besar dengan nilai 10,96 gram dibandingkan B2 yang pengurangan massanya sebesar 7,11 gram dan B3 dengan pengurangan sebesar 3,46 gram. Pada 6 menit waktu pembakaran selanjutnya (menit ke-6 hingga menit ke-12), pengurangan massa paling besar dialami B2 dengan besar 22,03 gram, sementara pengurangan massa pada B1 sebesar 21,11 dan B3 hanya sebesar 7,82 gram. Pada 6 menit terakhir dari 18 menit waktu pembakaran, B3 mengalami pengurangan massa yang paling besar dengan nilai 25,45 gram dibandingkan B1 yang besar pengurangan massanya 12,43 gram dan B2 sebesar 12,99 gram. Sebanding dengan kenaikan temperatur yang dihasilkan, B1 memulai kenaikan temperatur ruang bakar yang paling besar dengan waktu pembakaran yang lebih cepat dan pengurangan massa yang besar juga terjadi paling awal. Pengurangan massa pada pembakaran briket berbanding lurus dengan temperatur dimana semakin tinggi temperatur yang dicapai maka semakin cepat pula pengurangan massa akibat pembakaran [8].



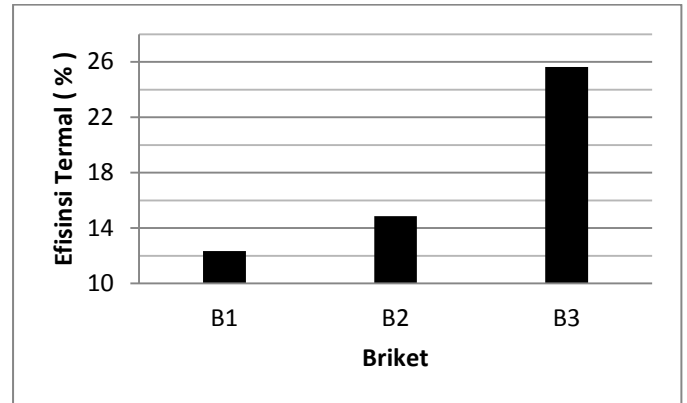
Gambar 5. Laju pembakaran

Grafik pada Gambar 5 menunjukkan bahwa B1 mencapai laju pembakaran tertinggi dalam waktu pembakaran yang paling singkat kemudian diikuti oleh B2 dan B3. Laju pembakaran tertinggi pada B1 terjadi pada menit ke-8 waktu pembakaran dengan besar 84 mg/s. Laju pembakaran pada B2 terjadi pada menit ke-11 waktu pembakaran dengan besar 105 mg/s. Waktu paling lama yang dibutuhkan dalam pencapaian laju pembakaran tertinggi terjadi pada B3 yang baru dicapai pada menit ke-16 waktu pembakaran dengan nilai sebesar 98 mg/s. Laju pembakaran memiliki keterkaitan erat dengan laju pengurangan massa dan kenaikan temperatur. Kenaikan temperatur udara pembakaran menyebabkan semakin pendeknya waktu pembakaran [9]. Waktu pembakaran dikatakan semakin pendek karena laju pembakaran yang terjadi semakin cepat. Laju pembakaran pada briket berbanding lurus dengan kenaikan temperatur dan pengurangan massa dimana semakin besar laju pembakaran menunjukkan bahwa semakin besar kenaikan temperatur dan pengurangan massa yang terjadi.



Gambar 6. Pelepasan kalor

Pelepasan kalor merupakan akumulasi dari perhitungan kalor sensibel air, kalor sensibel water boiling pot, kalor laten air dan kalor konveksi bebas selama pembakaran. Dari gambar 6. diketahui bahwa briket B3 memiliki nilai yang paling tinggi dengan besar 1489,65 Kkal dibandingkan Briket B1 : 967,27 Kkal dan Briket B2 : 1111,55 Kkal. Hal tersebut dikarenakan briket B3 memiliki dimensi yang lebih besar dari pada briket yang lainnya. Demikian juga untuk nilai efisiensi termalnya briket B3 efisiensi termalnya 25,62 % lebih tinggi dari pada kedua briket lainnya, B : 12,33 % dan Briket B2 : 14,85 % , seperti yang ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Nilai Efisiensi Termal

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian dapat dinyatakan bahwa karakteristik pembakaran pada briket yang meliputi: kenaikan temperatur, laju pengurangan massa, laju pembakaran, dan pelepasan kalor, dipengaruhi oleh dimensi briket. Semakin kecil dimensi yang dimiliki briket, maka briket semakin cepat dalam memulai kenaikan temperatur, pengurangan massa, serta membutuhkan waktu yang lebih singkat dalam mencapai titik puncak kenaikan temperatur dan laju pembakarannya.

Kalor pelepasan dari B3 untuk pemanasan air dalam *water boiling test* memiliki nilai yang paling tinggi dengan nilai sebesar 1489,65 Kkal dan efisiensi termal 25,62 % sedangkan Briket B1 sebesar 967,27 Kkal dengan efisiensi termal 12,33 % dan Briket B2 nilainya sebesar 1111,55 Kkal dengan efisiensi termal 14,85 %.

Guna memperoleh hasil yang lebih baik pada penelitian selanjutnya, maka diperlukan pengujian nilai kalor bahan bakar guna mendapatkan nilai efisiensi pembakaran.

REFERENSI

- [1] Hendra J., S., 2012, Analisa Nilai Kalor Bahan Bakar Briket Ampas Tebu Menggunakan Perekat Tapioka, Jurnal pendidikan teknik mesin, vol 1, no. 1, 2012, Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Padang, Padang.
- [2] Patabang, D. 2012. Karakteristik Termal Briket Arang Sekam Padi dengan Variasi Bahan Perekat. Jurnal Mekanikal. Vol.3.No.2: 286-292.
- [3] Sucipto, T. 2009. Perekat Lignin. Medan: Fakultas Pertanian, Universitas Sumatra
- [4] Widyorini, R & Rofii, M.N. 2011. Pemanfaatan Limbah Kayu Jati Sebagai Bahan Baku Papan

Partikel Non Perekat. Prosiding Seminar Nasional
MAPEKI XIV: 249-256.

- [5] Gupta, G.K. 2009. Development of Bark-Based Environmental-Friendly Composite Panels [Thesis]. Toronto: Faculty of Forestry, University of Toronto.
- [6] Himawanto, D.A. 2005. Pengaruh Temperatur Karbonasi Terhadap Karakteristik Pembakaran Briket Sampah Kota. Surakarta: Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Sebelas Maret Surakarta.
- [7] Rahayu, A. 2012. Kinerja Pembakaran Biobriket yang Terbuat Dari Campuran Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Batubara Sub-Bituminus Dalam Kompor Briket [Skripsi]. Depok: Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- [8] Saputro, D.D. 2009. Karakteristik Pembakaran Briket Arang Tongkol Jagung. Jurnal Kompetensi Teknik. Vol.1.No.1
- [9] Subroto. 2006. Karakteristik Pembakaran Biobriket Campuran Batubara, Ampas Tebu, dan Jerami. Media Mesin. Vol 7.No 2. Hal 47-54.

Implikasi Flipped Classroom Learning Model Terhadap Kemandirian Belajar Mahasiswa

Dr. Susila Sumartiningsih, SKp., MPd., PhD

Fakultas Keperawatan dan Ilmu Kesehatan
Universitas Pelita Harapan
Lippo Karawaci, Tangerang, Indoensia
frmaria333@yahoo.com

Yakobus Siswadi, BSN, MSN

Fakultas Keperawatan dan Ilmu Kesehatan
Universitas Pelita Harapan
Lippo Karawaci, Tangerang, Indoensia
yakobuss@yahoo.com

Abstrak— Penelitian ini dilatar belakangi oleh perlunya pengembangan model pembelajaran modern dan inovatif yang lebih relevan dengan tuntutan kualitas pembelajaran sebagai implikasi dari perkembangan teknologi informasi di dunia pendidikan. Tujuan penelitian untuk mengidentifikasi hubungan implementasi model *Flipped Classroom Learning* terhadap kemandirian belajar mahasiswa. Penelitian didesain secara deskriptif kuantitatif korelasional. Sampel penelitian diambil secara purposif sebanyak 85 dari sejumlah 226 populasi dalam satu institusi. Instrumen penelitian berupa kuesioner dalam bentuk skala Guttman dengan teknik pengumpulan data melalui pendekatan *cross sectional*. Analisa data menggunakan Spearman Test. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada hubungan implementasi *Flipped Classroom model* terhadap kemandirian belajar mahasiswa dengan nilai $p < 0.031$. Direkomendasikan bahwa perlu penelitian lanjutan berupa penelitian eksperimen atau penelitian tindakan kelas dengan siklus lebih panjang untuk memastikan efektifitas model pembelajaran ini, terutama berkaitan dengan pengaruh berbagai program pengembangan *Flipped Classroom Learning model* dengan capaian *learning outcome* atau kompetensi mahasiswa).

Kata kunci: *Flipped Classroom, Learning model, Kemandirian belajar, Mahasiswa, Deskriptif, Kuantitatif*).

I. PENDAHULUAN

Teknologi informasi telah berkembang secara cepat dan berpengaruh sangat dinamik terhadap perkembangan manajemen sistem pembelajaran. Pada era teknologi yang semakin modern, ilmu pengetahuan yang semakin berkembang pesat mengisyaratkan para Dosen untuk proaktif, responsif dan adaptif terhadap tuntutan kualitas pembelajaran dengan memilih model pembelajaran yang modern, inovatif, relevan dengan kemajuan penguasaan mahasiswa terhadap teknologi informasi sebagai media pembelajaran.

Pada masa ini mahasiswa telah memasuki suatu masa yang disebut "*C Generations Era*", dimana mereka berada pada suatu dunia yang tidak terlepas dari "*Connection, Collaboration, Creative Content and Contextual*". Hal

ini terbukti dari adanya hasil survei pada sejumlah 400 mahasiswa di suatu institusi pendidikan di wilayah Banten menunjukkan bahwa 100% mahasiswa mempunyai *smart phone*, laptop atau note book yang terhubung dengan wifi, dan memiliki adress email, > 80 % mahasiswa memiliki account face book, dan > 90 % mahasiswa mencari referensi melalui internet.

Fenomena empirik tersebut memberikan isyarat riil sekaligus menjadi tantangan bagi para dosen untuk melakukan transformasi pembelajaran menggunakan model yang berbasis pada teknologi informasi. Salah satu model yang dimaksudkan adalah "*Flipped Classroom Learning Model*". Namun Flipped Class sebagai model pembelajaran relatif baru dikembangkan maka perlu dilakukan penelitian untuk memastikan apakah model pembelajaran ini efektif untuk mendukung capaian kompetensi mahasiswa, terutama terhadap kemandirian belajar.

Tujuan penelitian untuk mendeskripsikan hubungan implementasi *Flipped Classroom Learning Model* terhadap kemandirian belajar mahasiswa.

II. METODE PENELITIAN

Desain penelitian adalah deskriptif kuantitatif korelasional. Variabel independen penelitian adalah Implementasi *Flipped Classroom Learning Model* dan variabel dependen penelitian adalah persepsi mahasiswa tentang dampak Flipped Classroom Learning Model terhadap kemandirian belajar. Hipotesa penelitian adalah ada hubungan antara Implementasi Flipped Classroom Learning Model terhadap kemandirian belajar.

Total populasi adalah 266 mahasiswa, dengan pengambilan sampel secara purposif, diperoleh sejumlah 85 sampel yang diambil dari mahasiswa yang saat ini telah dipersiapkan memperoleh pembelajaran melalui *Flipped Classroom Learning Model*.

Instrumen penelitian disusun dari kerangka konseptual dan tinjauan literatur yang berkaitan dengan penelitian. Kuesioner terdiri dari dua jenis, yaitu;

kuesioner pertama tentang implementasi *Flipped Classroom Learning Model* dan kuesioner kedua tentang persepsi mahasiswa tentang dampak *Flipped Classroom Learning Model* terhadap kemandirian belajar. Semua kuesioner menggunakan skala Guttman dengan jawaban "Ya", "Tidak", "Ragu". Jawaban "Ya" dihitung sebagai 3, "Ragu" dihitung sebagai 2, "Tidak" dihitung sebagai 1. Data dianalisis menggunakan T test dengan parameter keberhasilan: Tinggi ($\geq 85\%$), Sedang ($51 - 74\%$), Rendah ($\leq 50\%$).

Pengumpulan data dilakukan dengan metode *cross sectional* dimana pengukuran atau pengamatan dari dua variabel yang diambil dalam periode waktu yang sama penelitian; semua responden diukur pada waktu yang sama. Analisa data hasil penelitian digunakan Uji Spearman dengan parameter p value $\leq 0,05$.

III. HASIL PENELITIAN

Hasil analisis melalui sistem komputer untuk deskripsi Implementasi *Flip Class Learning Model* diperoleh hasil sebagai berikut:

TABLE I. TABEL HASIL ANALISIS IMPLEMENTASI FLIPPED CLASSROOM LEARNING MODEL (N=85)

Table Head	Implementasi Flipped Classroom Learning Model		
	%	Mean	Significance of value (p)
Tinggi	80 (94.12%)	53.62	0,000
Sedang	5 (5.88%)		
Rendah	0 (0%)		
Total	85 (100%)		

Berdasar data pada tabel tersebut menunjukkan bahwa implementasi *Flipped Classroom Learning Model* adalah tinggi $\geq 75\%$, yaitu mencapai 94,12%.

TABLE II. TABEL HASIL ANALISIS HUBUNGAN IMPLEMENTASI FLIPPED CLASSROOM LEARNING MODEL TERHADAP KEMANDIRIAN BELAJAR (N=85)

Kemendiran Belajar	Implementasi Model Flipped Classroom Learning Model						Total		p value
	Rendah		Sedang		Tinggi				
	N	%	N	%	N	%	n	%	
Tinggi	0	0 %	5	5.88 %	8	94.12 %	8	100 %	0.031
Sedang	0	0 %	0	0%	0	0%	0	0%	
Rendah	0	0 %	0	0%	0	0%	0	0%	

TOTAL	0	0%	5	5.88%	8	94.12%	8	100%	
-------	---	----	---	-------	---	--------	---	------	--

Dalam tabel di atas dijumpai hasil yang menunjukkan bahwa ada hubungan Implementasi *Flipped Classroom Learning Model* terhadap kemandirian belajar dengan nilai p sebesar 0,031.

Hasil penelitian ini serupa dengan Marlowe (2012) dalam penelitiannya yang berjudul *The Effect Of The Flipped Classroom On Student Achievement And Stress* yang menunjukkan bahwa *Flipp Classroom* memiliki dampak signifikan terhadap pencapaian belajar dan menurunkan tingkat stress belajar mahasiswa. Demikian juga berdasarkan penelitian Djajalaksana (2014) bahwa penerapan konsep "Flipped Classroom" untuk Mata Kuliah Statistika dan Probabilitas di Program Studi Sistem Informasi berdampak signifikan terhadap kemandirian belajar.

IV. KESIMPULAN DAN REKOMENADSI

4.1. Kesimpulan

Implementasi *Flipped Classroom Learning Model* model memiliki hubungan terhadap kemandirian belajar mahasiswa dengan nilai p sebesar 0,031.

4.2 Rekomendasi

Meskipun studi ini telah menunjukkan bahwa Implementasi *Flipped Classroom Learning Model* model menunjukkan adanya hubungan terhadap kemandirian belajar, namun sangat penting untuk dilakukan penelitian replikatif, dan bahkan dikembangkan penelitian eksperimen atau penelitian tindakan kelas untuk memastikan bahwa model pembelajaran *flipp class* direkomendasikan sebagai alternatif pembelajaran yang modern yang tepat, inovatif dan relevan dengan semua karakteristik mahasiswa.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Kami sebagai tim peneliti menyampaikan Puji Syukur kepada Tuhan yang telah mengkaruniakan anugerah hikmat dan kelancaran kepada tim peneliti. Kami juga menyampaikan ucapan banyak terimakasih kepada Kementerian Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang telah mendukung penelitian ini melalui HIBER DIKTI 2015.

REFERENSI

- [1] Carol B. McKnight. (2000). *Teaching Critical Thinking through Online Discussions*. Educause Quarterly Number 4 2000. <http://eac595b.pbworks.com/f/macknight+2000+questions%5B1%5D.pdf>, Diakses pada 4 April 2015.

- [2] Clay Christensen. (2013). *Takes closer look at how online learning will disrupt K-12 education Tech News and Analysis*". Gigaom.com. Diakses pada 4 April 2015.
- [3] David E. Meltzer, Normalized Learning Gain : A Key Measure Of Student Learning, Department of Physics and Astronomy, Iowa State University, Ames, Iowa 50011.
- [4] Dryden, G dan Vos, J. (2000). *Learning Revolution*. Bandung: Kaifa.
- [5] Finkel, E. (2012, November). Flipping the script in K12. *District Administration*. Retrieved from www.districtadministration.com/article/flipping-script-k12. Diakses pada 10 April 2015.
- [6] Flipped Learning Network. (2012). *Improve student learning and teacher satisfaction with one flip of the classroom*. Retrieved from author at <http://flippedlearning1.files.wordpress.com/2012/07/classroomwindowinfographic7-12.pdf>. Diakses pada 4 April 2015
- [7] Greenberg, B., Medlock, L., & Stephens, D. (2011). *Blend my learning: Lessons from a blended learning pilot*. Oakland, CA: Envision Schools, Google, & Stanford University D.School. Retrieved from <http://blendmylearning.files.wordpress.com/2011/12/lessons-learned-from-a-blended-learning-pilot4.pdf>. Diakses pada 10 Juni 2015.
- [8] Janwongpaisan, K. (2009) *Model-based design methods for adaptive e-learning environment*. Interactive Technology and Smart Education, 4(2), 100-116.
- [9] Klein, K.P. (2009). *Classroom assessment techniques: A handbook for faculty*. University of Michigan, Ann Arbor, MI: National Center for Research to Improve Post-secondary Teaching and Learning.
- [10] Pearson. 2013. *Flip Learning: Executive Summary* http://researchnetwork.pearson.com/wp-content/uploads/ExecSummary_Flipped_Learnig. Diakses pada 10 juni 2015.
- [11] _____. 2013. *Course Redesign using Flipped Instructional Model*. www.flippedlearning.org/review, Diakses pada 4 April 2015.
- [12] Sari, Annisa Ratna. 2013. *Strategi Blended Learning Untuk Peningkatan Kemandirian Belajar dan Kemampuan Critical Thinking Mahasiswa di Era Digital*. Jurnal Pendidikan Akuntansi Indonesia, Vol. XI, No. 2, Tahun 2013 hal. 32 – 43. Indonesian Version. Diakses pada 4 April 2015.

Model Naïve Bayes Untuk Penentuan Kelulusan Sertifikasi Benih Kentang

Usep Tatang Suryadi
Komputer Akuntansi
STMIK SUBANG
Subang, Indonesia
ugie89@gmail.com

Abstrak – Model Naïve Bayes untuk Prediksi Kelulusan Sertifikasi Benih Kentang, bertujuan untuk memanfaatkan fasilitas teknologi informasi di bidang pertanian. Dalam penelitian ini Algoritma Naïve Bayes diaplikasikan agar mendapatkan model yang mampu menentukan probabilitas kelulusan sertifikasi dan memberi dukungan dalam pengambilan keputusan pemilihan bibit untuk penanaman. Penelitian berdasarkan pada data history sertifikasi benih kentang di BPSBPTH Jawa Barat. Data ditabulasi berdasarkan parameter yang digunakan. Dengan menggunakan algoritma Naïve Bayes, probabilitas tertinggi menjadi bahan pertimbangan dalam menentukan kelas kelulusan, apabila tidak diperoleh keputusan dengan rumus dasar probabilitas Naïve bayes, digunakan rumus m-estimate Naïve Bayes sedang atribut numerik menggunakan persamaan fungsi densitas probabilitas. Validasi menggunakan 10 k-fold Cross Validation memiliki tingkat akurasi 96,34% dan nilai AUC pada ROC 0,966, merupakan kategori metode klasifikasi yang sangat baik.

Kata kunci: Algoritma Naïve Bayes, m-estimate, fungsi densitas probabilitas, kentang, sertifikasi benih, Cross Validation

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kentang merupakan salah satu alternatif makanan pokok yang dapat dibuat beraneka jenis makanan baik berupa rebusan, kripi atau gorengan. Selain sehat kentang juga menyehatkan. Kentang bermanfaat sebagai food terapi bagi penderita diabetes, untuk perawatan kecantikan maupun pengobatan lainnya. Kentang juga merupakan salah satu komoditas sayuran yang selalu menjadi komoditas prioritas dalam program penelitian di Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian di Indonesia, karena potensinya sebagai sumber karbohidrat alternatif dalam diversifikasi pangan dan komoditas ekspor [1] [2].

Prediksi kebutuhan dalam negeri akan kentang termasuk olahan (chip, french fries, aci dan tepung)

berkisar 8,9 juta ton/tahun. Selama ini produksi kentang nasional masih $\pm 1,1$ juta ton/tahun, termasuk kentang sayuran, dari luas panen 80.000 ha. Potensi ini masih perlu dikembangkan, karena potensi lahan masih sangat luas yaitu 11.331.700 ha yang berada pada ketinggian diatas 700 m dpl [1]. Terbatasnya ketersediaan benih sumber komoditi hortikultura khususnya benih sayuran yang sesuai dengan kebutuhan pasar, terutama kentang merupakan salah satu kondisi dan permasalahan perbenihan hortikultura yang dihadapi [2]. ada tiga tahapan pemeriksaan pada sertifikasi BPSBPTH Jawa Barat setelah terdaftar sebagai penangkar, yaitu tahap pemeriksaan media lapangan, pemeriksaan tanaman indukan, dan pemeriksaan umbi calon benih di gudang. Pada penelitian ini, data pemeriksaan umbi calon benih di gudang yang diolah dengan teknik data mining untuk metode klasifikasi Naïve Bayes.

Pada tahapan pemeriksaan benih di gundang tersebut, petugas sertifikasi memeriksa sampel benih per lot, dimana sampel yang diambil sebanyak 1000 buah benih. Data ditulis manual pada form laporan yang ada untuk kemudian laporan tersebut dibawa ke UPTD BPSBPTH pusat. Jauhnya jarak memungkinkan lamanya proses sertifikasi dan pelabelan pada benih, sedang bisa saja benih tersebut membutuhkan pelabelan dan sertifikat secepatnya baik untuk dijual maupun untuk ditanam secara pribadi atau untuk ditanam disertifikasikan lagi. Terlebih jika pengaju sertifikasi sangat banyak jumlahnya. Penelitian ini bertujuan membuat model klasifikasi kelulusan benih kentang pada varietas Granola kelas benih G3. Dan tingkat akurasi metode klasifikasi Naïve Bayes pada data sertifikasi kentang.

II. LANDASAN TEORI

Naïve Bayes Classifier

Naïve Bayes Classifier, adalah suatu metode klasifikasi probabilitas sederhana yang didasarkan kepada penerapan teorema Bayes (Thomas bayes) dengan asumsi yang kuat (Naïve) dan bebas.

Bergantung pada sifat dasar dari model probabilitas, Naïve Bayes Classifier dapat dilatih dengan sangat efisien pada kondisi *supervised learning*. [3] [4].

Algoritma ini memanfaatkan metode probabilitas dan statistik, dimana memprediksi probabilitas di masa depan berdasarkan pengalaman di masa lampau. Dapat digunakan untuk memprediksi probabilitas keanggotaan suatu kelas dengan persamaan Naïve Bayes: [5]

$$P(a_1, a_2, a_3, \dots, a_n | v_j) = \prod_i^n P(a_i | v_j) \dots \dots \dots 1)$$

$$n_{NB} = \arg \max_{v_j \in V} P(v_j) \prod_i^n P(a_i | v_j) \dots \dots \dots 2)$$

Dimana a adalah atribut dan v adalah kelas label, i adalah variasi atribut dan j adalah variasi dari nilai kelas label.

Calders[6], menyampaikan Rumus 2 memiliki beberapa kelemahan, pertama n_c/n akan menghasilkan under-estimate probabilitas bias, kedua jika estimasi probabilitas sama dengan nol, probabilitas ini akan mendominasi klasifikasi Naïve Bayes jika ada data baru dengan Angin=besar, alasannya nilai yang dihitung dari persamaan 2 semua term akan dikalikan dengan nol.

Untuk menghindari kesulitan tersebut digunakan bayesian untuk estimasi probabilitas, menggunakan rumus: [7] [8]

$$P(a_i | v_j) = \frac{n_c + mp}{n + m} \dots \dots \dots 3)$$

Dimana:

n = jumlah data training dimana $v=v_j$

n_c =jumlah data training dimana $v=v_j$ dan $a=a_i$

p = prior estimate untuk $P(a_i | v_j)$, $1/k$ dimana k adalah jumlah atribut a_i

m =ukuran sampel ekuivalen.

Sedangkan untuk atribut bernilai numerik, untuk mencari nilai probabilitas dari nilai atribut terhadap nilai kelas label menggunakan probabilitas fungsi densitas Gauss, misalkan untuk suatu atribut a , formulasi probabilitas fungsi densitasnya adalah sebagai berikut:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \dots \dots \dots 4)$$

Dimana μ merupakan mean dari data dengan atribut a tersebut dan σ adalah standar deviasinya.

Dengan masing-masing formulasi sebagai berikut:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots \dots \dots 5)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu)^2}{n - 1}} \dots \dots \dots 6)$$

Dengan n adalah jumlah data yang mengarah pada suatu nilai kelas dan X_i adalah nilai atribut X suatu data.

Confusion Matrix

Confusion matrix [9] merupakan metode untuk mengevaluasi model klasifikasi pada data mining dengan menghasilkan nilai prediksi benar dan prediksi salah jika dibandingkan ke nilai tujuan (*target value*) dalam data. *Confusion matrix* adalah suatu metode yang biasanya digunakan untuk melakukan perhitungan akurasi pada konsep data mining. Rumus ini melakukan perhitungan dengan lima keluaran, yaitu: *recall*, *specificity*, *precision*, *negative predictive value* dan *accuracy*.

Confusion Matrix		Target			
		Positive	Negative		
Model	Positive	a	b	Positive Predictive Value	a/(a+b)
	Negative	c	d	Negative Predictive Value	d/(c+d)
		Sensitivity	Specificity	Accuracy = (a+d)/(a+b+c+d)	
		a/(a+c)	d/(b+d)		

Gambar 1. Confusion Matrix

III. METODE PENELITIAN

Teknik Pengambilan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini, meliputi studi literature untuk referensi dalam penelitian, baik berupa buku, jurnal dan karya ilmiah yang relevan dengan penelitian. Sedangkan untuk dataset pada penelitian ini, didapat dari data sertifikasi benih kentang periode 1996-1998 dan periode 2010 dan 2012 yang merupakan data dari 4 laporan tahunan BPSBTPH Jawa Barat.

Data yang didapat berupa data tahapan sertifikasi benih kentang berupa *hardcopy* dan *softcopy* berupa *form* isian dari tahap pengajuan, *form* pemeriksaan pendahuluan pada media untuk penanaman benih induk, *form* pemeriksaan tanaman induk bakal benih sebanyak 3 tahap hingga pemeriksaan bakal benih/benih siap tanam di gudang, dimana seperti dijelaskan berikut ini:

1. Form Pengajuan sertifikasi, dimana tabel tersebut berisi identitas petani panangkar pengaju sertifikasi benih berupa nama lengkap, alamat pengaju, alamat lahan yang diajukan, dan sebagainya. Juga lampiran keterangan benih sumber dan peta lapangan calon media tanam (contoh terlampir).
2. Form Pemeriksaan pra-tanam, dimana pemeriksaan dilakukan setelah data pengajuan sertifikasi lengkap. Tabel tersebut berupa hasil pemeriksaan lahan, mulai dari isolasi jarak dari tanaman kentang yang lain. Rotasi tanaman-tanaman sebelumnya yang mana tidak boleh pernah ditanami tanaman kentang dalam rentang 3 periode. Benih sumber, untuk benih sumber G0 maka akan menghasilkan benih dasar pertama atau G1, jika benih sumber adalah G1 maka akan menghasilkan benih dasar

kedua G2. Untuk mendapatkan benih pokok, G3 maka benih induk adalah benih generasi vegetatif ke dua atau G2. Selanjutnya penanaman benih induk benih pokok menghasilkan benih sebar generasi ke 4 atau G4 untuk kemudian ditanam oleh petani kentang untuk konsumsi. dan keterbebasan dari NSK (Nematoda Sista Kentang).

3. Form pemeriksaan lapangan masa tanam, berupa pemeriksaan tanaman induk calon benih sebanyak tiga kali. Yang diperiksa berupa virus, layu bakteri dan sebagainya pada luasan minimal perseribu tanaman dengan batas kewajaran seperti pada Tabel.1

TABEL1. STANDAR PEMERIKSAAN LAPANGAN

No	Faktor	Benih Dasar (G1)	Benih Dasar (G2)	Benih Pokok (G3)	Benih Sebar (G4)
1	Isolasi (min)	-	10m	10m	10m
2	Virus (max)	0,0%	0,1%	0,5%	2,0%
3	Layu bakteri (max)	0,1%	0,5%	1,0%	1,0%
4	Busuk daun dan penyakit lain serangan berat (max)	2,0%	10,0%	10,0%	10,0%
5	Nematoda Sista Kentang (max)	-	0,0%	0,0%	0,0%
6	Campuran Varietas lain (max)	0,0%	0,0%	0,1%	0,5%

4. Form pemeriksaan benih di gudang, calon benih yang telah lulus pemeriksaan masa tanam disimpan digudang. Pada masa itulah pemeriksaan terakhir dilakukan sebelum disertifikasi dan labelisasi, pemeriksaan dilakukan perlot dengan sample 1000 butir benih per lot.

Form pemeriksaan benih di gudang yang terakhir yang kemudian ditabulasi untuk bisa dikelola menggunakan teknik data mining untuk metode klasifikasi Naïve Bayes. Pada penelitian ini pada proses data mining digunakan 7 atribut parameter serta memiliki 1 label dengan nilai lulus atau tidak lulus. Sehubungan dengan sistem grading benih, maka data yang diambil adalah data sertifikasi benih pokok/G3 berlabel ungu. Untuk kemudian dilakukan pengolahan awal data. Berikut batas kewajaran pada tahap pemeriksaan benih di gudang.

Metode pengolahan data awal

1. **Data Cleaning**, untuk membersihkan noise dan data yang tidak konsisten.

TABEL 2. DATA SOURCE KELULUSAN SERTIFIKASI BENIH KENTANG

Id	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	C
nFP1001	0,6	0,4	4,2	0,0	1,5	0	0,1	4,4	TL
nFP1001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0	0,0	0,7	L
nFP1002	0,0	0,3	0,5	0,0	1,5	0	0,0	5,9	TL
nFP1002	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0	0,0	1,8	L
nFP1003	0,0	0,3	2,3	0,0	3,4	0	0,2	10,4	TL
nFP1003	0,0	0,0	1,4	0,0	1,1	0	0,01	0,9	L
nFP1005	0,0	0,8	0,7	0,0	0,7	0	0,0	5,1	TL
nFP1005	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0	0,0	0,7	L
nFP1007	0,0	0,0	2,2	0,0	3,0	0	0,0	2,5	L
nFP1009	0,5	0,7	1,4	0,0	0,1	0	0,0	4,7	L
ndk1019	0,6	0,2	1,3	0,0	2,1	0	0,0	0,0	TL
nFP1010	0,4	0,4	0,7	0,0	0,7	0	0,0	1,8	L
nFP1013	0,0	0,8	2,2	0,0	0,2	0	0,0	3,9	L
nFP1014	0,0	1,5	1,7	0,0	0,6	0	0,0	0,9	L
nFR1015	0,0	0,2	1,1	0,0	0,3	0	0,0	5,6	L
nFR1016	0,0	0,8	4,8	0,0	0,2	0	0,0	7,4	TL
nFR1017	0,0	0,0	1,6	0,4	0,6	0	0,0	6,6	L
nFR10180	0,0	0,6	0,6	0,0	0,7	0	0,0	2,9	L
nFR1020	0,0	2,1	4,3	0,0	1,7	0	0,0	12,1	TL
nFR1020	0,0	1,5	1,4	0,0	0,5	0	0,0	3,1	L

X1= Busuk Coklat dan Busuk Lunak

X2= Kudis

X3= Busuk Kering

X4= Kerusakan oleh Penggerek Umbi

X5= Nematoda Bintil Akar

X6= Nematoda Sista Kentang

X7= CVL

X8= Kerusakan oleh Alat Panen

C= kelas keLan.

TL= TL

L= Lulus

Seperti atribut yang memiliki nilai 0 semuanya, yaitu atribut NSK, karena atribut tersebut merupakan parameter kelulusan sertifikasi yang tidak punya batas kewajaran disebabkan oleh tingkat bahaya akan

kerusakan pada benih yang menjadi pembawanya.

2. **Data Reduction**, untuk menghapus atribut-atribut yang tidak diperlukan. Misalnya, nomor induk pengaju sertifikasi, nama pengaju sertifikasi, alamat pengaju sertifikasi, pemeriksaan lapangan (media tanam), dan sebagainya. Sehingga hanya beberapa atribut saja yang diperlukan untuk penelitian, yaitu parameter-parameter penentu keLan sertifikasi tahap pemeriksaan benih di gudang (Contoh terlampir).
3. **Normalisasi data**, pada row yang atributnya tidak lengkap atau tidak terisi dilakukan *handling missing value*, karena persyaratan pada algoritma Naïve Bayes tidak mungkin bisa melakukan pengolahan bila ada data-data yang fieldnya tidak ada nilainya/isi. Keadaan tersebut mungkin karena kelalaian tim entri data atau terlalu malas untuk mengisi angka nol.

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Tahap Pertama, dilakukan perhitungan mean setiap atribut X_i terhadap nilai kelasnya. Dimana pada data training hitungan manual di atas terdapat 7 jenis atribut x , dan dua nilai kelas yaitu Lulus (L) dan Tidak Lulus (TL). Dengan menggunakan rumus 5. Berikut hitungan meannya:

- Nilai mean atribut x_1 terhadap nilai keLan L:

$$\mu(x_1|L) = \frac{(0,5 + 0,4)}{2} = \frac{0,9}{2} = 0,075$$

- Nilai mean atribut x_1 terhadap nilai keLan TL:

$$\mu(x_1|TL) = \frac{(0,6 + 0,6)}{2} = \frac{1,2}{2} = 0,2$$

- Dan seterusnya.

Tahap kedua, barulah kemudian mencari nilai densitas probability gauss setiap atribut dari data training, (x_1) , (x_2) , (x_3) , (x_4) , (x_5) , (x_6) dan (x_7) terhadap nilai kelas labelnya (L) dan (TL), dihitung sesuai dengan rumus 2.6. Berikut nilai densitas probabilitas masing-masing atribut terhadap nilai kelas:

- Nilai densitas atribut x_1 terhadap nilai keLan L

$$\begin{aligned} \sigma_{(x_1|L)} &= \sqrt{\frac{(10(0 - 0,075)^2) + (0,5 - 0,075)^2 + (0,4 - 0,075)^2}{12 - 1}} \\ &= \sqrt{0,0293} = 0,17 \end{aligned}$$

- Nilai densitas atribut x_1 terhadap nilai keLan TL

$$\sigma_{(x_1|TL)} = \sqrt{\frac{0,16 + 0,32}{5}} = \sqrt{0,096} = 0,31$$

- Dan seterusnya.

Tahap ketiga adalah mencari nilai probabilitas data baru terhadap kelas label yang ada. Setelah mendapatkan nilai mean dan densitas setiap atribut terhadap kelasnya, selanjutnya dilakukan validasi dengan metode *Cross-Validation* keyfold 10. Berhubung pada contoh pemodelan ini data training ada 18 data dimana mengindikasikan jumlah data training 9/10 data dalam penelitian, maka data testingnya adalah 1/10 data keseluruhan. Berikut data testingnya:

TABEL 3. DATA TESTING

Id	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	KeLan Sebenarnya
ndp123 0	0	0,2	4,8	0	0,6	0	1,8	TL
ndp122 2	0,4	0,8	1,7	0	0,2	0	6,6	L

Untuk mendapatkan nilai probabilitas densitas atribut dari data baru terhadap kelas label, menggunakan fungsi probabilitas densitas, yaitu rumus 4:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \dots \dots \dots 4)$$

Dengan x nilai suatu atribut pada kasus baru (data testing), sehingga jika penghitungan nilai fungsi probabilitas densitas pada data testing yang pertama adalah sebagai berikut:

- Nilai fungsi probabilitas densitas atribut x_1 dengan nilai atribut = Oterhadap kelas label L:

$$f(x_1|L) = \frac{1}{(0,17)\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(0-0,075)^2}{2((0,17)^2)}} = 2,0656$$

- Nilai fungsi probabilitas densitas atribut x_1 dengan nilai atribut = Oterhadap kelas label TL:

$$f(x_1|TL) = \frac{1}{(0,31)\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(0-0,2)^2}{2((0,31)^2)}} = 1,045$$

- Dan seterusnya.

Kemudian kita bisa mencari nilai probabilitas kasus tersebut. Apakah mengarah ke nilai kelas label L atau sebaliknya. Untuk mencari nilai probabilitas kasus tersebut terhadap nilai kelasnya, menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P(a_1, a_2, a_3, \dots, a_n|v_j) \\ = \prod_{i=1}^n f(a_i|v_j) \dots \dots \dots 3) \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} P(x_1 \dots x_7|L) &= f(x_1|L) * f(x_2|L) * f(x_3|L) * f(x_4|L) \\ &\quad * f(x_5|L) * f(x_6|L) * f(x_7|L) \end{aligned}$$

$$P(x_1 \dots x_7 | L) = 2,0656 * 0,8008 * 0,000013 * 3,313 \\ * 0,5 * 132,557 * 0,173 \\ P(x_1 \dots x_7 | L) = 0,0008197$$

Begitupun nilai probabilitas kasus 1 terhadap nilai kelas label TL menggunakan rumus 3, dimana nilai probabilitasnya adalah sebagai berikut:

$$P(x_1 \dots x_7 | TL) = f(x_1 | TL) * f(x_2 | TL) * f(x_3 | TL) \\ * f(x_4 | TL) * f(x_5 | TL) * f(x_6 | TL) \\ * f(x_7 | TL) \\ P(x_1 \dots x_7 | TL) = 1,045 * 0,907 * 0,085 * 8,99 * 0,425 \\ * 3,988 * 0,0643 \\ P(x_1 \dots x_7 | TL) = 0,04598$$

Dan tahapan terakhirnya adalah menentukan data kasus pada data testing tersebut apakah diprediksi masuk nilai kelas L atau TL menggunakan rumus 1.

$$n_{NB} = \arg \max_{v_j \in V} P(v_j) \prod P(a_i | v_j) \dots \dots \dots 1)$$

Berdasarkan persamaan di atas, dimana kelas selanjutnya ditentukan berdasarkan nilai probabilitas terbesar dari kasus tersebut terhadap kelas labelnya. Maka klasifikasi data baru adalah sebagai berikut:

$$P(Kasus_1 | L) = \frac{12}{18} * 0,0008197 = 0,0005465 \\ P(Kasus_1 | TL) = \frac{6}{18} * 0,04598 = 0,015$$

Dari hasil penghitungan di atas, maka kasus data testing tersebut memiliki nilai kelas label TL. Sedangkan untuk kasus data testing kedua, mengarah ke L.

Pengujian dan Evaluasi

Untuk menguji akurasi dari model yang telah terbentuk, digunakan metode *Confusion Matrix*. Metode ini biasanya digunakan untuk melakukan perhitungan akurasi pada konsep data mining, sehingga diperoleh lima keluaran *Confusion Matrix* sebagai berikut :

		Predicted	
		TL	L
Actual	TL	1	0
	L	0	1

$$\text{Akurasi} = \frac{1+1}{1+0+0+1} * 100 = 100 \%$$

Sedangkan hasil penelitian dengan data sebanyak 219 data, menghasilkan nilai akurasi sebesar 96,34%. Dengan menggunakan metode validasi *10 k-fold X-Validation*. Berikut hasil akurasinya:

accuracy: 96.34% +/- 3.41% (mikro: 96.35%)			
	true tidak lulus	true lulus	class precision
pred tidak lulus	48	5	90.57%
pred lulus	3	163	98.19%
class recall	94.12%	97.02%	

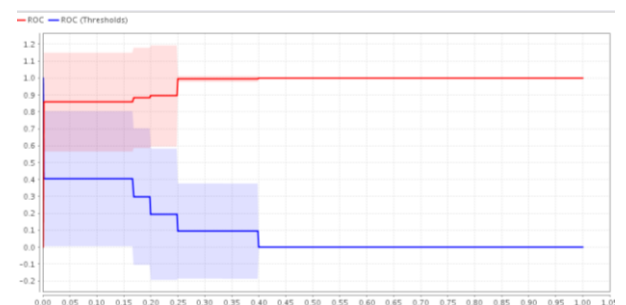
Gambar 3. Confusion Matrix

Sedangkan untuk nilai-nilai lainnya seperti presisi, recall dan error rate adalah sebagai berikut:

- Presisi = $\frac{154}{154+3} * 100\% = \frac{154}{157} * 100\% = 98\%$
- Recall/ True Positive rate = $\frac{154}{154+14} * 100\% = 91,67\%$
- Error Rate = $\frac{14+3}{48+154+3+14} * 100\% = 0,0776\%$

Kurva ROC (Receiver Operating Characteristic).

Berdasarkan pengelompokan di atas maka dapat disimpulkan bahwa metode pengklasifikasi *Naïve Bayes*, termasuk sangat baik karena nilai AUC-nya antara 0,90-1.00. *Area Under Curve*-nya pada *Receiver Operating Characteristics curve*, adalah 0,966 seperti terlihat pada Gambar 4. menunjukkan bahwa metode klasifikasi *Naïve Bayes* adalah sangat baik.



Gambar 4. Kurva ROC

V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, metode klasifikasi *Naive Bayes* mampu menyelesaikan data sertifikasi kentang dengan tingkat akurasi yang sangat baik sebesar 96,35 % dengan nilai AUC sebesar 0,966 dan dalam waktu 0 detik yang mana menunjukkan bahwa metode klasifikasi tersebut tergolong sangat baik. Hasil menunjukkan model *Naïve Bayes* bekerja dengan baik pada data sertifikasi kelulusan benih kentang dari BPSBTPH JawaBarat.

REFERENSI

- [1] Baharuddin, Nurbaya, K. T. dan L. B.A., "Effect of Clostridium spp in the Control of Ralstonia solanacearum on Potato Using Aerophonic Cultivated System," 30 November 2011. [Online]. Available: <http://Frepository.unhas.ac.id/bitstream/handl>. [Diakses 2012].
- [2] Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih Tanaman Pangan dan Hortikultura Jawa Barat, "Sertifikasi Benih Kentang di Indonesia," 2010. [Online]. Available: http://www.unece.org/trade/agr/promotion/2010_Indonesia/SeedPotatoCertificationInIndonesia_I.pdf. [Accessed 17 Maret 2013].
- [3] M. A, Sistem Informasi Konsep & Aplikasi, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2009.
- [4] W. IH, Frank, Eibe, Hall and M. A, Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques 3rd edition, Canada: Morgan Kaufmann, 2011.
- [5] O. D. L and D. D, Advanced Data Mining Techniques, Oklahama: Springer, 2008.
- [6] Calders, Classification: Naïve Bayes Classifier Evaluation, Technische Universiteit Eindhoven University of Technology., 2009.
- [7] Keller and Frank, "'Naïve Bayes Classifiers", Connectionist and Statistical Language Processing," Course at Universit"at des Saarlandes, Germany, 2002.
- [8] J. L, W. D and C. Z, Scaling Up the Accuracy of Bayesian Network Classifiers by M-Estimate, Berlin: Springer, 2007.
- [9] Sayad, S., Model Evaluation-Clasification. [online] 2013. (http://www.saedsayad.com/model_evaluation_c.htm).

Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Penerima Alat Bantu Penyandang Cacat Fisik Menggunakan Metode Promethee

(Studi Kasus : Dinsosnakertrans Kota Cirebon)

Tri Ginanjar Laksana
Program Studi Teknik Informatika
STMIK IKMI Cirebon
Cirebon, Indonesia
laksana.anjar@gmail.com

Pipit Hedyanti
Program Studi Teknik Informatika
STMIK IKMI Cirebon
Cirebon, Indonesia
pipit.heidyanti24@yahoo.co.id

Abstrak — Dalam menentukan penerima alat bantu untuk penyandang cacat fisik atau tuna daksa masih bersifat subjektif dan tidak sesuai dengan peraturan yang berlaku, sehingga mengakibatkan beberapa kesalahan, diantaranya calon yang seharusnya menerima alat bantu ternyata tidak menerima bantuan tersebut, sedangkan untuk calon yang seharusnya tidak menerima alat bantu ternyata menerima bantuan tersebut. Oleh karena itu, di dalam penelitian ini menggunakan Metode Preference Ranking Organization for Enrichment Evaluation atau lebih sering disebut dengan metode (Promethee), untuk menyelesaikan masalah tersebut. Metode ini bisa menjadi salah satu alat untuk menentukan kebijakan dalam sistem pengambilan keputusan terutama penentuan penerima alat bantu. Penentuan kebijakan yang diambil sebagai dasar dalam pengambilan keputusan, menggunakan kriteria yang dapat terdefinisikan secara jelas dan objektif. Hasil yang diharapkan dalam penelitian ini dapat membantu pengambil keputusan dalam menentukan penerima alat bantu berdasarkan kriteria-kriteria yang sudah ditetapkan. Dengan tujuan memudahkan staf bidang sosial di dinas tenaga kerja dan transmigrasi untuk memberikan alat bantu sesuai yang akan menerima alat bantu penyandang cacat fisik.

Kata Kunci : Cacat Fisik, Promethee, Sistem Pendukung Keputusan.

LATAR BELAKANG

Adanya sistem pendukung keputusan (SPK) di suatu organisasi dapat dipandang sebagai suatu aset penting untuk menunjang kelancaran bisnis dan tercapainya tujuan strategi perusahaan. SPK dapat hadir dalam berbagai bentuk, dari mulai bentuk sederhana berupa pengolahan data menggunakan *spreadsheet* hingga bentuk aplikasi yang kompleks dan terintegrasi, dapat dimanfaatkan untuk mempercepat dan meningkatkan kualitas proses pembuatan keputusan di suatu organisasi.

Salah satu karakteristik keputusan yang dapat didukung oleh SPK antara lain yaitu keputusan tersebut bersifat terstruktur atau semi terstruktur. Terstruktur dalam artian untuk memperoleh satu keputusan, terdapat serangkaian prosedur yang harus diikuti dan kriteria untuk

masing-masing prosedur ini sudah jelas dan kuantitatif, namun kadang-kadang pihak pembuat keputusan berhak memasukkan pertimbangan-pertimbangan tertentu yang bersifat subjektif, tetapi tetap berdasarkan alasan yang diturunkan dari kata-kata kuantitatif [1].

Objek penelitian yang dilakukan adalah instansi pemerintah, yaitu Dinas Sosial, Tenaga Kerja dan Transmigrasi Kota Cirebon di bidang sosial untuk membantu melakukan seleksi menentukan penerima alat bantu penyandang cacat fisik kepada masyarakat yang mempunyai anggota keluarga cacat fisik. Selama ini instansi tersebut telah memiliki prosedur tata cara seleksi penerima bantuan sesuai dengan ketentuan yang diberikan dari Dinas Sosial Tenaga Kerja dan Transmigrasi. Tujuannya agar proses seleksi menjadi teratur, adil efisien dan tentunya diterima oleh masyarakat yang memang berhak menerima bantuan alat bantu penyandang cacat fisik untuk anggota keluarganya.

Akan tetapi dari pengamatan dan studi lapangan diketahui bahwa pelaksanaan seleksi calon penerima bantuan alat bantu penyandang cacat fisik masih bersifat subjektif dan tidak sesuai dengan peraturan yang berlaku sehingga mengakibatkan adanya beberapa kesalahan, yaitu ada beberapa diantaranya calon yang seharusnya menerima bantuan alat bantu ternyata tidak menerima bantuan alat bantu tersebut, sedangkan untuk calon yang seharusnya tidak menerima bantuan alat bantu ternyata menerima bantuan alat bantu. Dari data yang diperoleh lapangan ada 120 yang berhak menerima alat bantu untuk penyandang cacat fisik, yaitu sebagai berikut:

TABEL 1. JUMLAH DATA PENYANDANG CACAT FISIK DILAPANGAN

No	Jenis Cacat Fisik	Jumlah
1.	Tidak Bisa mendengar	19
2.	Tidak bisa berjalan kedua kakinya atau lumpuh	32
3.	Tulang Punggung Membengkong / tidak normal	17

4.	Tidak mempunyai kaki	14
5.	Tidak mempunyai tangan	13
6.	Kaki satu berjalan tidak normal	25
Jumlah		130

sedangkan kuota yang diberikan dari Dinsosnakertrans untuk anggaran tahun 2015 memberikan bantuan sosial 100 alat bantu untuk 100 orang penyandang cacat fisik yaitu sebagai berikut :

TABEL 2. JUMLAH KUOTA PENERIMA ALAT BANTU UNTUK PENYANDANG CACAT FISIK

No	Alat Bantu	Jumlah	Tidak berhak
1.	Alat bantu pendengaran	15 Unit	20 orang
2.	Kursi roda	30 Unit	
3.	Corsete	15 Unit	
4.	Kaki palsu	10 Unit	
5.	Tangan Palsu	10 Unit	
6.	Tongkat kaki atau Kruk	20 Unit	
Jumlah		100	

Data di dalam tabel diatas merupakan data yang di dapat dari lapangan. Jumlah penerima yang tidak berhak mendapatkan bantuan alat bantu ada 20 orang. Mereka merupakan penerima yang dianggap tidak sesuai dengan kriteria aturan yang berlaku sebagai penerima alat bantu. Ada 5 kriteria diantaranya: Kriteria berdasarkan pekerjaan, kriteria berdasarkan keadaan fisik bangunan, kriteria berdasarkan pendidikan, kriteria berdasarkan pendapatan keluarga perbulan si penyandang cacat fisik, kriteria berdasarkan tanggungan keluarga si penyandang cacat fisik.

Banyak metode didalam sistem pendukung keputusan seperti metode AHP, metode SAW dan metode Promethee. Model yang digunakan dalam sistem pendukung keputusan ini adalah metode Promethee (*Preference Ranking Organization for Enrichment Evaluation*). Metode Promethee ini dipilih karena dapat melakukan pengambilan keputusan berdasarkan nilai-nilai yang telah ditetapkan. Nilai tersebut akan diproses dengan langkah – langkah tertentu, sehingga akhirnya dapat diketahui hasil sesuai yang diinginkan. Metode ini bisa menjadi salah satu alat untuk menentukan kebijakan perusahaan dalam sistem pengambilan keputusan penentuan penerima bantuan alat bantu penyandang cacat fisik. Penentuan kebijakan yang diambil sebagai dasar dalam pengambilan keputusan harus menggunakan kriteria yang dapat didefinisikan secara jelas dan objektif.

Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah kesulitan

dalam pengambilan keputusan terhadap calon penerima yang berhak mendapatkan alat bantu dikarenakan pelaksanaan proses seleksi calon penerima alat bantu tersebut cenderung masih bersifat subjektif.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Meminimalisirkan kesalahan penentuan penerima bantuan alat bantu penyandang cacat fisik pada bidang sosial di Dinas sosial, tenaga kerja dan transmigrasi kota Cirebon.
2. Memberikan kemudahan dalam pengambilan kebijakan terhadap penentuan penerima bantuan alat bantu penyandang cacat secara cepat.

Ruang Lingkup / Pembatasan Masalah

Karena luasnya permasalahan yang ada dan untuk membatasi ruang lingkup penelitian, maka hanya membahas tentang permasalahan yang terfokus pada :

1. Pengolahan data bantuan alat bantu untuk penyandang cacat fisik di Dinsosnakertrans.
2. Pembangunan model Spk untuk membantu memberikan keputusan penerima alat bantu pada Dinsosnakertrans Kota Cirebon

Manfaat Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi :

- a. Kantor Dinsosnakertrans
1. Dapat dijadikan sebagai media pendukung proses seleksi pemberian alat bantu untuk penyandang cacat fisik yang cepat dan akurat, transparan dan tentunya tepat sasaran terhadap penerima yang memang berhak mendapatkan alat bantu tersebut.
 2. Keamanan data seleksi calon penerima alat bantu untuk penyandang cacat fisik dapat terjaga, karena untuk mengakses data terlebih dahulu user harus memiliki hak akses.

LANDASAN TEORI

2.1 Sistem Pendukung Keputusan

Sistem pendukung keputusan adalah sistem berbasis komputer yang membantu para pengambil keputusan mengatasi berbagai masalah melalui interaksi langsung dengan sejumlah *database* dan perangkat lunak analitik.

Sistem pendukung keputusan ini beroperasi dalam konteks sistem informasi global untuk melayani unit bisnis yang spesifik dalam suatu perusahaan. Pendukung keputusan tidak terlepas dari sistem informasi global yang lebih komprehensif. Sistem pendukung keputusan yang berhasil harus mempercepat aliran informasi ke pengambil keputusan. Data yang disimpan harus berkesinambungan secara terjadwal dan dapat diakses dengan mudah. [5]

2.2 Tujuan Sistem Pendukung Keputusan

Tujuan dari Sistem Pendukung Keputusan adalah :

1. Membantu manajer dalam pengambilan keputusan atas masalah semiterstruktur.
2. Memberikan dukungan atas pertimbangan manajer dan bukannya dimaksudkan untuk menggantikan fungsi manajer.
3. Meningkatkan efektivitas keputusan yang diambil manajer lebih dari pada perbaikan efisiensinya.
4. Kecepatan komputasi. Komputer memungkinkan para pengambil keputusan untuk melakukan banyak komputasi secara cepat dengan biaya yang rendah.
5. Peningkatan produktivitas. Membangun satu kelompok pengambil keputusan, terutama para pakar, bisa sangat mahal. Pendukung terkomputerisasi bisa mengurangi ukuran kelompok dan memungkinkan para anggotanya untuk berada diberbagai lokasi yang berbeda-beda (menghemat biaya perjalanan).
6. Dukungan kualitas. Komputer bisa meningkatkan kualitas keputusan yang dibuat sebagai contoh, semakin banyak data yang diakses, maka banyak juga alternatif yang bisa dievaluasi.
7. Berdaya asing. Manajemen dan pemberdayaan sumber daya perusahaan. Tekanan persaingan menyebabkan tugas pengambilan keputusan menjadi sulit. Teknologi pengambilan keputusan bisa menciptakan pemberdayaan yang signifikan dengan cara memperbolehkan seseorang untuk membuat keputusan yang baik secara cepat, bahkan jika mereka memiliki pengetahuan yang kurang.
8. Mengatasi keterbatasan kognitif dalam pemrosesan dan penyimpanan. Otak manusia memiliki kemampuan yang terbatas untuk memproses dan menyimpan informasi. Orang-orang kadang sulit mengingat dan menggunakan sebuah informasi dengan cara yang bebas dari kesalahan. [5]

2.3 Cacat Fisik (Tubuh) atau Tuna Daksa

Istilah tuna daksa maksudnya sama dengan istilah yang berkembang seperti cacat tubuh, tuna tubuh, cacat anggota badan, dll. Seorang dikatakan tuna daksa jika kondisi fisik atau kesehatan mengganggu kemampuan untuk berperan aktif dalam kegiatan sehari-hari, sekolah atau rumah. Dengan kata lain, tuna daksa adalah suatu kegiatan yang menghambat kegiatan individu sebagai akibat kerusakan atau gangguan pada tulang, otot, atau sendi sehingga mengurangi kapasitas normal individu untuk mengikuti pendidikan dan untuk berdiri sendiri. Kondisi ini dapat disebabkan karena bawaan sejak lahir, penyakit atau kecelakaan. [6]

2.4 Jenis-Jenis Cacat Fisik (Tubuh) atau Tuna Daksa

Cacat tubuh adalah suatu keadaan dimana seseorang mengalami difungsi pada sebagian kondisi fisiknya, cacat tubuh dibagi dalam beberapa kecacatan lagi yaitu [6]:

1. Cacat tubuh itu sendiri artinya ada bagian-bagian tertentu dari tubuhnya baik itu tangan, kaki maupun anggota tubuh lainnya seperti leher yang mengalami disfungsi.
2. Polio tangan, apabila polio tangan keadaan tangan membengkok dan tidak berfungsi dengan baik.
3. Polio Kaki, apabila polio kaki keadaan kaki bengkok dan pada orang-orang tertentu membentuk figur X maupun membentuk huruf O, dan kakinya tidak berfungsi dengan baik.
4. Lumpuh layu adalah suatu keadaan dimana anggota tubuhnya lemas dan tidak bisa digerakkan secara maksimal, serta semakin lama tangan dan kakinya semakin kecil.
5. Paraphlegi adalah suatu keadaan dimana kecacatannya diakibatkan oleh patahnya tulang punggung maupun retaknya tulang ekor dan tulang kemaluan serta retaknya tulang pinggang.
6. Amputasi tangan adalah keadaan dimana tangan seseorang terpotong
7. Amputasi Kaki adalah keadaan dimana kaki seseorang terpotong.

2.5 Metode Preference Ranking Organization for Enrichment Evaluation (Promethee)

Metode Promethee adalah metode dalam memecahkan permasalahan yang bersifat multikriteria dengan cara menentukan urutan (prioritas). Masalah pokoknya adalah kesederhanaan, kejelasan, dan kestabilan. Dugaan dari dominasi kriteria yang digunakan dalam promethee adalah penggunaan nilai dalam hubungan outranking. Ini adalah metode peringkat yang cukup sederhana dalam konsep dan aplikasi dibandingkan dengan metode lain untuk analisis multikriteria. Promethee ini sendiri termasuk dalam keluarga dari metode outranking.[7]. Rumus perhitungan PROMETHEE digambarkan sebagai berikut :

1. preferensi multi kriteria

$$\varphi(a, b) = \sum_{i=1}^n \pi_i P_i(a, b); \forall a, b \in A$$

2. Leaving flow

$$\phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \varphi(a, x)$$

3. Entering flow

$$\Phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \varphi(x, a)$$

4. Net flow

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a)$$

3.1 Prosedur Yang Sedang Berjalan

Prosedur (*procedure*) dapat didefinisikan sebagai proses-proses didalam suatu sistem yang berkaitan satu dengan yang lainnya untuk mencapai suatu tujuan. Penjelasan tentang prosedur-prosedur yang berjalan, entitas-entitas yang bersangkutan, dan dokumen yang mengalir disetiap prosedur adalah sebagai berikut :

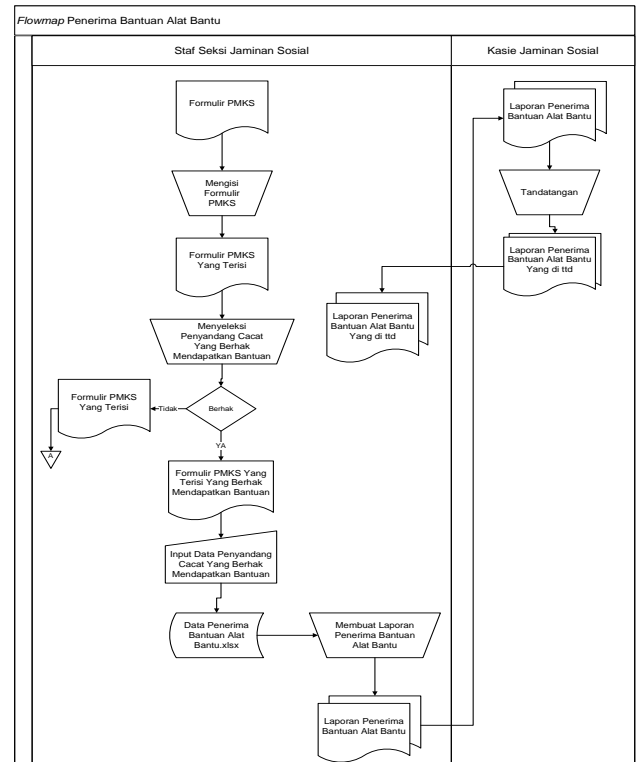
3.2 Prosedur Penerima Bantuan Alat Bantu

Prosedur Penerima Bantuan Alat Bantu dilakukan oleh Kasie Jaminan Sosial dan Staf Jaminan Sosial. Proses yang terlibat pada prosedur penerima bantuan alat adalah sebagai berikut :

1. Staf Seksi Jaminan Sosial melakukan pendataan penyandang cacat fisik ke setiap kelurahan dengan membawa Formulir A yang bernama Instrumen Pendataan Penyandang Masalah Kesejahteraan Sosial (PMKS).
2. Setelah selesai melakukan pendataan dan mengisi Formulir PMKS, Staf Seksi Jaminan Sosial Menyeleksi Penyandang Cacat Yang Berhak Mendapatkan Bantuan menurut data Formulir PMKS yang sudah terisi, jika tidak di berhak akan disimpan sebagai arsip, dan jika berhak, selanjutnya data penyandang cacat yang berhak mendapatkan bantuan di inputkan ke dalam Data Penerima Bantuan Alat Bantu.
3. Selanjutnya Staf Seksi Jaminan Sosial Membuat Laporan Penerima Bantuan Alat Bantu rangkap 2 yang akan di serahkan kepada Kasie Jaminan Sosial untuk di tandatangani.

3.3 Flowmap Penentuan Penerima Bantuan Alat Bantu yang sedang berjalan

Berikut ini merupakan *Flowmap* Penerima Bantuan Alat Bantu di Dinas Sosial Tenaga Kerja dan Transmigrasi Kota Cirebon yang sedang berjalan.



Gambar 1. Flowmap Penerima Bantuan Alat Bantu Sedang Berjalan

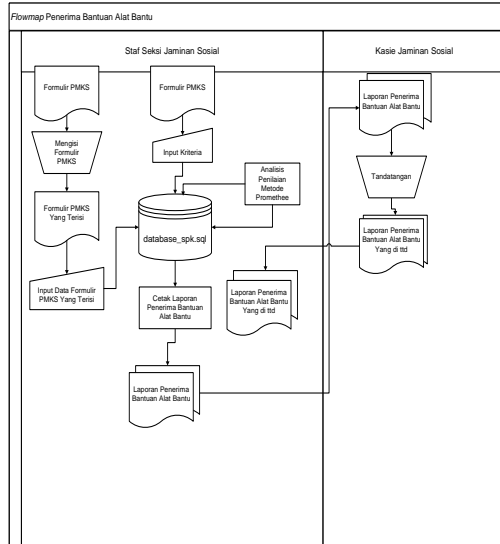
3.4 Prosedur Penerima Bantuan Alat Bantu Yang Di Usulkan

Prosedur Penerima Bantuan Alat Bantu yang di usulkan adalah sebagai berikut:

1. Sebelum melakukan pendataan Staf Seksi Jaminan Sosial melakukan penginputan data criteria Penerima Bantuan Alat Bantu beserta bobot yang telah di tentukan oleh Dinsosnakertrasn Kota Cirebon ke dalam database_spk.sql
2. Kemudian Staf Seksi Jaminan Sosial pendataan penyandang cacat fisik ke setiap kelurahan dengan membawa Formulir A yang bernama Instrumen Pendataan Penyandang Masalah Kesejahteraan Sosial (PMKS).
3. Setelah selesai melakukan pendataan dan mengisi Formulir PMKS, Staf Seksi Jaminan Sosial menginputkan data penyandang cacat dan menginputkan nilai terhadap penyandang cacat ke dalam database_spk.sql
4. Setelah melakukan penginputan maka akan otomatis menghasilkan informasi tentang penyandang cacat yang berhak menerima alat bantu, Selanjutnya Staf Seksi Jaminan Sosial mencetak Laporan Penerima Bantuan Alat Bantu rangkap 2 yang akan di serahkan kepada Kasie Jaminan Sosial untuk di tandatangani.

Berikut adalah flowmap dari event list yang telah diuraikan di atas.

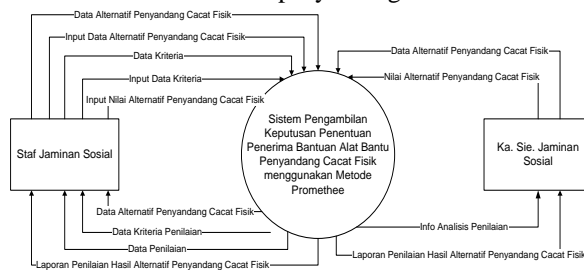
3.5 Flowmap Penentuan Penerima Bantuan Alat Bantu yang diusulkan



Gambar 2. Flowmap Penerima Bantuan Alat Bantu yang di Usulkan

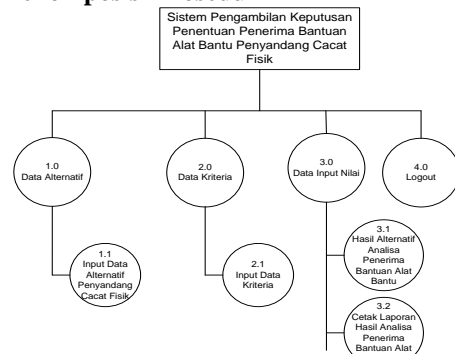
3.6 Diagram Konteks

Diagram konteks merupakan gambaran sistem secara umum yaitu hubungan sistem dengan lingkungan sistem. Berikut gambar diagram konteks Penentuan penerima bantuan alat bantu penyandang cacat fisik..



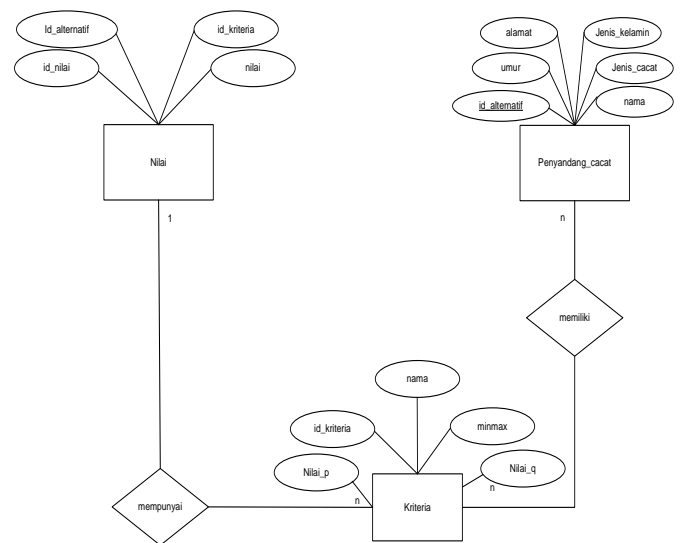
Gambar 3. Diagram Konteks SPK di Dinsosnakertrans

3.7 Dekomposisi Prosedur



Gambar 4. Dekomposisi Prosedur

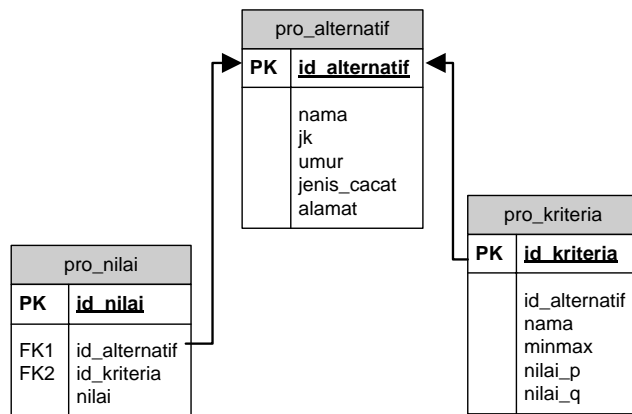
3.8 Entity Relationship Diagram (ERD)



Gambar 5. Entity relationship diagram (ERD).

3.9 Relasi Antar Tabel

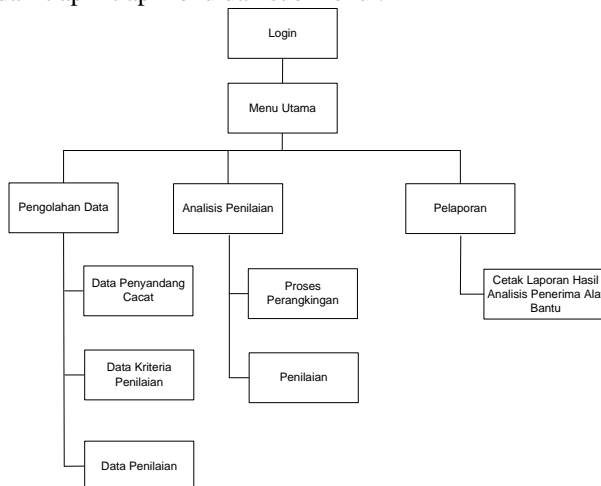
Proses relasi antar file merupakan gabungan antar file yang mempunyai kunci utama yang sama, sehingga file – file tersebut menjadi satu kesatuan yang dihubungkan oleh field kunci tersebut. Pada proses ini elemen – elemen data dikelompokkan menjadi satu file database beserta entitas dan hubungannya. Berikut ini adalah tabel relasi Sistem Pengambilan Keputusan Penentuan Penerima Bantuan Alat Bantu Penyandang Cacat Fisik Pada Kantor Dinsosnakertrans:



Gambar 6. Skema Relasi Antar Tabel

3.10 Perancangan Menu

Dalam perancangan Struktur menu ini akan berisi tentang gambar menu dan sub menu, berikut penjelasan dari tiap – tiap menu dan sub menu :



Gambar 7. Struktur Menu SPK Penentuan penerima bantuan alat bantu penyandang cacat fisik

III. IMPLEMENTASI ANTAR MUKA

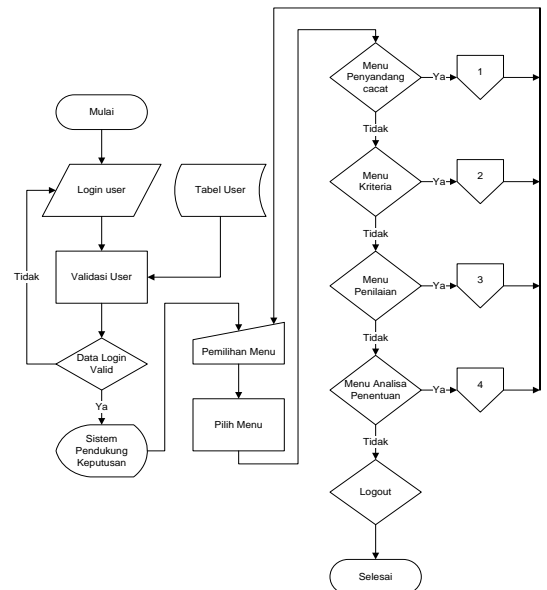
Tujuan implementasi adalah untuk menerapkan perancangan yang telah dilakukan terhadap sistem sehingga pengelola dapat memberi masukan demi berkembangnya system yang telah dibangun sebagai simulasi dari Metode *Promethee*. Perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan implementasi dan pengujian aplikasi yaitu sebagai berikut :

3.1.1. Perancangan Prosedural

Perancangan prosedural akan menjelaskan tentang bagaimana program aplikasi berjalan.

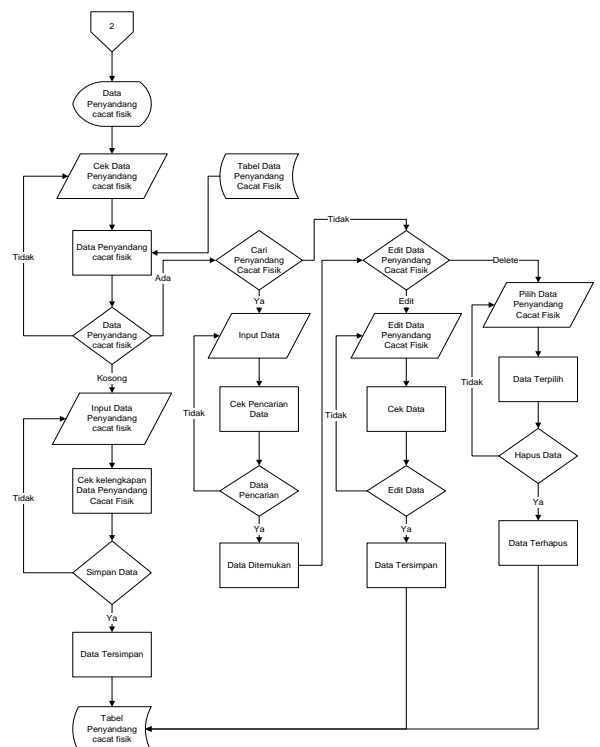
Perancangan prosedural digambarkan dalam bentuk flowchart.

1. Flowchart Menu Login



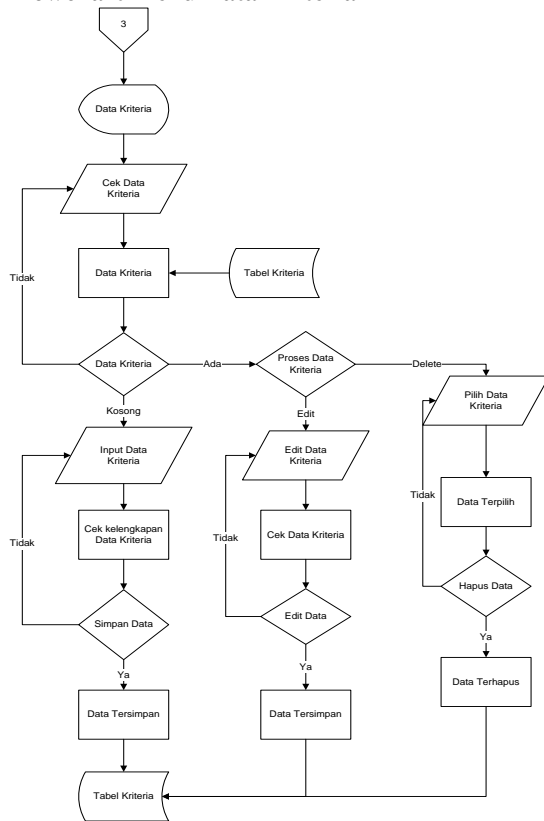
Gambar 8. Flowchart Menu Login

2. Flowchart Menu Data Penyandang Cacat Fisik



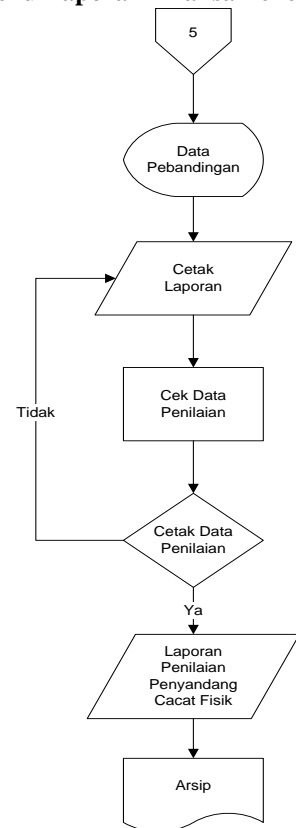
Gambar 9. Flowchart Menu Data Penyandang Cacat Fisik

3. Flowchart Menu Data Kriteria



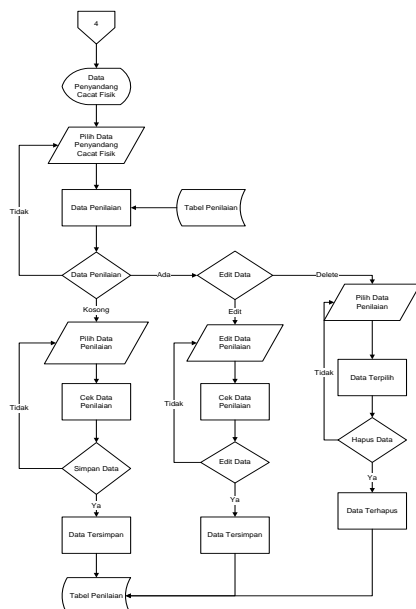
Gambar 10. Flowchart Menu Data Kriteria

5. Flowchart Menu Laporan Analisa Penentuan



Gambar 12. Flowchart Menu Laporan Analisa Penentuan

4. Flowchart menu Penilaian



Gambar 11. Flowchart Menu Penilaian

1. Uji Validitas

Uji Validitas akan dilakukan dengan metode pearson atau metode *product Moment*, yaitu dengan mengkorelasikan skor butir pada kuesioner dengan skor totalnya. Jika nilai koefisien korelasinya lebih dari 0,3 maka butir pertanyaan dapat dikatakan valid. Uji validitas ini menggunakan bantuan program SPSS for Windows versi 18. Adapun rumus pearson *product moment* yaitu :

TABEL 3. VALIDITAS INDIKATOR KUALITAS SISTEM

No	Harapan	
A.	Easy Of Use ($r_{xy} >$	Kesimpulan
1	$0,437 < 0,444$	Tidak Valid
2	$0,455 > 0,444$	Valid
3	$0,616 > 0,444$	Valid
4	$0,574 > 0,444$	Valid
B.	Fleksibilitas	Kesimpulan
5	$0,564 > 0,444$	Valid
6	$0,587 > 0,444$	Valid
7	$0,498 > 0,444$	Valid
C.	Realibilitas	Kesimpulan

8	0,491 > 0,444	Valid
9	0,618 > 0,444	Valid
D.	Portability	Kesimpulan
10	0,531 > 0,444	Valid
E.	Security	Kesimpulan
11	0,599 > 0,444	Valid

TABEL 4. VALIDITAS KUALITAS INFORMASI

Kenyataan	
Keakuratan ($r_{xy} >$)	Kesimpulan
0,639 > 0,444	Valid
0,550 > 0,444	Valid
Kecepatan	Kesimpulan
0,557 > 0,444	Valid
0,514 > 0,444	Valid
0,473 > 0,444	Valid
Aksesibilitas	Kesimpulan
0,478 > 0,444	Valid
0,626 > 0,444	Valid

Berdasarkan rumus karl pearson diatas didapatkan nilai r_{xy} sebesar 11.061. Untuk itu dapat dikatakan bahwa $r_{xy} > r$ tabel yaitu $11.061 > 0,444$, maka butir instrumen dianggap valid.

2. Uji Reliabilitas

Metode yang digunakan pada uji realibilitas adalah metode *Cronbach's Alpha*. Penghitungan *Cronbach's Alpha* dilakukan dengan menghitung rata-rata interkorelasi diantara butir-butir pernyataan dalam kuesioner.

Indikator pengukuran realibitas yang membagi tingkatan realibitas dengan kriteria, diantaranya :

- 0,8 s/d 1,0 = Reliabilitas Baik
- 0,6 s/d 0,799 = Reliabilitas Diterima
- < 0,6 = Reliabilitas kurang baik

Tabel 4.17. Hasil Uji Reabilitas Harapan

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of Items
.848	18

Berdasarkan hasil output dari SPSS yang terlihat pada *Cronbach's Alpha* 0,848. Maka dapat dikatakan

bahwa konstruk pertanyaan pada skor harapan berkategori reliabel baik.

Tabel 4.18. : Hasil Uji Reabilitas Kenyataan

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of Items
.847	18

Berdasarkan hasil output dari SPSS yang terlihat pada *Cronbach's Alpha* 0,847. Maka dapat dikatakan bahwa konstruk pertanyaan pada skor kenyataan tersebut reliabel baik.

3. Uji Sampel TTest

4. Uji Hipotesis

H_0 : Tidak ada perbedaan antara skor harapan dengan skor kenyataan

H_1 : Ada perbedaan antara skor harapan dengan skor kenyataan

- a. Tingkat Signifikasi
Pengujian menggunakan uji dua sisi dengan tingkat signifikansi 0,25 (5%) adalah ukuran standar yang sering digunakan.
- b. T Hitung
Dari tabel diatas didapat nilai t hitung adalah 1.103
- c. T Tabel
Tabel distribusi t di cari taraf signifikan $0,25:2 = 0,025$ (Uji dua sisi) dengan derajat kebebasan (df) $n-1$ atau $20-1 = 19$. Dengan pengujian dua sisi (signifikasi = 0,025) hasil diperoleh untuk t tabel sebesar 0.726 (Lihat pada lampiran) atau dapat dicari dengan di Ms.Excel dengan cara pada cell kosong ketik = $\text{tinv}(0.05,19)$ tekan enter
- d. Pengujian
 H_0 diterima jika t hitung \geq t tabel
 H_0 ditolak jika t hitung $<$ t tabel
Berdasarkan signifikasi :
 H_0 diterima jika signifikasi $> 0,25$
 H_0 ditolak jika signifikansi $< 0,25$
- e. Perbandingan t-hitung dengan t tabel
Keputusan pertama :
- Membandingkan t hitung dengan t tabel dan probabilitas nilai t hitung $>$ t tabel ($1.103 > 0.726$) maka H_0 diterima
Keputusan Kedua :
- Membandingkan untuk signifikansi ($0,001 < 0,005$) maka H_0 ditolak.
- f. Kesimpulan
Berdasarkan keputusan yang ada maka, diambil keputusan yang pertama yaitu t hitung $>$ t tabel ($1.103 > 0.726$) maka dapat diambil keputusan

”bahwa dengan adanya Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Penerima bantuan alat bantu untuk penyandang cacat Menggunakan Metode *Promethee* dapat Memberikan kemudahan dalam pengambilan kebijakan terhadap penentuan penerima bantuan alat bantu penyandang cacat secara cepat”

PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh penulis, maka penulis menarik kesimpulan dan mengajukan beberapa saran yang berhubungan dengan pembahasan dalam bab-bab sebelumnya.

5.1. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan sebelumnya terdapat beberapa masalah yang dapat mengurangi efektifitas dan efisiensi dalam menjalankan rangkaian proses Penentuan Potensi Komoditas Pertanian. Dengan dibangunnya Sistem pengambilan keputusan penentuan penerima bantuan alat bantu penyandang cacat fisik ini maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

1. Sistem ini dapat Meminimalisir kesalahan penentuan penerima bantuan alat bantu penyandang cacat fisik pada bidang sosial di Dinas sosial, tenaga kerja dan transmigrasi kota Cirebon
2. Sistem ini dapat Memberikan kemudahan dalam pengambilan kebijakan terhadap penentuan penerima bantuan alat bantu penyandang cacat secara cepat.
3. Berdasarkan keputusan yang ada maka, diambil keputusan yang pertama yaitu $t_{hitung} > t_{tabel}$ ($1.103 > 0.726$) maka dapat diambil keputusan ”bahwa dengan adanya Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Penerima bantuan alat bantu untuk penyandang cacat Menggunakan Metode *Promethee* dapat Memberikan kemudahan dalam pengambilan kebijakan terhadap penentuan penerima bantuan alat bantu penyandang cacat secara cepat

5.2. Saran

Sistem Pendukung Keputusan ini memiliki banyak kekurangan, oleh karena itu apabila penelitian ini ingin dilanjutkan ada beberapa mengenai sistem ini yang sebaiknya lebih di tingkatkan, yaitu :

1. Sistem Pendukung Keputusan ini diharapkan dapat dikembangkan lebih lanjut dengan memberi fungsi tambahan berupa fungsi untuk mencetak report data berupa pdf.
2. Untuk pengembangan lebih lanjut diharapkan sistem pendukung keputusan ini dapat di kembangkan menjadi sistem pendukung keputusan berbasis android
3. Evaluasi system secara berkesinambungan diperlukan untuk menghindari dampak buruk yang muncul di

kemudian hari. Dalam hal ini adalah evaluasi dan perbaikan system secara teratur guna menanggulangi kerusakan system.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Ketua STMIK IKMI Cirebon atas support baik dana dan pemikirannya, hingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik, dan diucapkan terimakasih kepada teman – teman dosen yang juga ikut berperan aktif dalam penulisan penelitian ini, serta pegawai disnakertrans kota Cirebon, yang telah memberikan data pendukung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Eniyati, “Perancangan Sistem Pendukung Pengambilan Keputusan untuk Penerimaan Beasiswa dengan Metode SAW (Simple Additive Weighting),” *Din. Teknol. Inf.*, vol. 16, no. 2, pp. 171–177, 2011.
- [2] E. Nugroho, E. Aribowo, P. Studi, T. Informatika, F. Teknik, I. Universitas, and A. Dahlan, “Sistem Penentuan Penerima Bantuan Langsung Tunai (Blt) Dengan Metode Analytical Hierarchy Process,” vol. 2, no. 2, pp. 220–227, 2008.
- [3] Andi Tri Setiawan, “Dokumen Karya Ilmiah | Tugas Akhir | Program Studi Kesehatan Masyarakat - S1 | Fakultas Kesehatan | Universitas Dian Nuswantoro Semarang | 2012,” pp. 5–6, 2012.
- [4] dll Ariyasti Ulfa, “Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Lokasi BTS menggunakan metode *Promethee*,” pp. 3–8.
- [5] Dewi Safitri Hutabrata, “Sistem pendukung keputusan penentuan siswa penerima beasiswa dengan metode *promethee*,” pp. 13–18, 2013.
- [6] M. Mustakim, “Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Penerima Bantuan Keuangan Korban Bencana Alam Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process,” pp. 1–6, 2014.
- [7] Rizha Asita, “Sistem pendukung keputusan penerima jaminan kesehatan masyarakat (jamkesmas) dengan metode *promethee*,” pp. 106–114, 2013.
- [8] Oktovantua Tp Butar Butar, “SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN REKOMENDASI PENERIMA BANTUAN SISWA MISKIN (BSM) DENGAN METODE SIMPLE ADDITIVE WEIGHTING (SAW) (Studi Kasus : SMP N2 Tarabintang),” no. April, pp. 2005–2009, 2015.
- [9] Y. M. Sitanggang, “BERPRESTASI DENGAN MENGGUNAKAN METODE ITERATIVE DICHOTOMIZER 3 BERBASIS WEB (STUDI

- KASUS : STMIK BUDIDARMA MEDAN),” no. April, pp. 146–149, 2014.
- [10] B. S. W and E. T. Luthfi, “Sistem Pendukung Keputusan Untuk Menentukan Penerima BLSM Di Kabupaten Indramayu,” pp. 282–295.
- [11] M. Alfansyuri, “Bibit Ikan Mas Dengan Metode Analytical Hierarchy Process (Ahp) (Studi Kasus : Dinas Perikanan Dan Kelautan Kabupaten Deli Serdang),” pp. 142–149, 2015.
- [12] Kusrini, 2007, *Konsep dan Aplikasi Sistem Pendukung Keputusan*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [13] Kadarsah, Suryadi, Ali M, Ramdhani. (2002). *Sistem Pendukung Keputusan*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- [14] Nugroho, Bunafit.2008. *Aplikasi Pemrograman Web dengan PHP dan MySQL*. Yogyakarta: Gava Media.
- [15] Budiono. Supratman, 2004, *Teknologi Informatika, MySQL dan Databases System 2010*. PT. Index Group Gramedia, ITB Bandung.

Sistem Penentu Kualitas Benih Kentang Produksi Menggunakan Algoritma C4.5

Usep Tatang Suryadi
Komputer Akuntansi
STMIK SUBANG
Subang, Indonesia
ugie89@gmail.com

Abstrak— Pohon keputusan berbasis C4.5 merupakan salah satu metode data mining dalam klasifikasi yang handal untuk jenis data nominal atau kategorikal dalam hal ini untuk merancang model Sistem Penentu Kualitas Kentang. Pada penelitian ini, peneliti mencoba untuk menerapkan metode C4.5 menggunakan model validasi *X-Validation* 10 k-fold sekaligus mengukur performansinya menggunakan metode *Confusion matrix*. Data yang digunakan merupakan data kuisioner dari petani kentang tahun 2010-2011 dengan atribut berdasarkan ciri-ciri visual dan sumber benih kentang terhadap kualitas produksi kentang. Algoritma C4.5, *decision tree* di aplikasikan agar mendapatkan Suatu Model aturan yang dapat memperlihatkan hubungan antara ukuran benih, usia benih, sumber benih dan keadaan tanaman untuk memperoleh rekomendasi kualitas produksi kentang. Perolehan pohon keputusan dilakukan dengan menghitung entropy dan gain. Hasil penelitian diharapkan mampu menganalisis dan memberi dukungan dalam pengambilan keputusan pemilihan benih untuk penanaman para petani terutama petani kentang pemula agar tidak mengalami kerugian yang diakibatkan oleh benih yang tidak baik kualitasnya sehingga dapat menekan sekecil mungkin kerugian yang mungkin terjadi.

Kata kunci: Pohon Keputusan, Algoritma C4.5, Kualitas Benih, Produktifitas Kentang.

I. PENDAHULUAN

Kentang merupakan salahsatu alternatif makanan pokok yang dapat menjadi salah satu tujuan dipersifikasi pangan karena karbohidrat, vitamin dan mineralnya. Dimana bisa dijadikan berbagai bahan olahan. Prediksi kebutuhan kentang dalam negeri cukup tinggi sedangkan produksi kentang masih terbilang rendah. Sedangkan potensi lahan yang mendukung cukup tinggi dengan luas $\pm 11.331.700$ ha yang berada di ketinggian 700 m dpl[1].

Ada beberapa faktor pendukung produktifitas kentang, diantaranya sumber daya manusia yang

kompeten dalam pengambilan keputusan dan pemeliharaan, sumber daya alam yang mendukung yang sesuai dengan kondisi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan yang tak kalah pentingnya adalah benih yang berkualitas dari keturunan yang baik[1]. Yang mana pada penelitian ini peneliti membatasi hanya pada faktor benih saja.

Benih yang baik untuk produksi yang tinggi memiliki beberapa parameter secara visual, diantaranya berdasarkan ukuran benih, usia penyimpanan benih, jumlah tunas yang tumbuh dari benih, warna benih dan sumber indukan benih [2]. Dimana parameter tersebut memiliki hubungan dengan kondisi tanaman yang selanjutnya kondisi tanaman menentukan produktivitas kentang produksi. Untuk varietasnya sendiri, peneliti memilih varietas granola ke empat atau G4.

Algoritma C4.5 adalah salah satu dari sekian banyak metode data mining untuk klasifikasi yang pada beberapa penelitian memiliki nilai performansi yang handal[3][4]. Adapun jenis data yang bisa diolah secara langsung adalah data dengan atribut parameter nominal/kategorikal. Sehingga metode Algoritma sangat sesuai untuk memproses data kuisioner produksi tanaman kentang dengan jenis data yang ada tanpa harus melakukan proses splitting seperti pada data atribut parameter bertipe numerik.

II. LANDASAN TEORI

Benih Kentang

Seleksi ukuran benih kentang dikelompokkan berdasar bobot menurut Direktorat perbenihan dan Sarana Produksi, Dirjen Hortikultura adalah sebagai berikut: [2]

- Ukuran LL bobot lebih dari 120 gram.
- Ukuran L2 bobot 90-120 gram.

- Ukuran L1 bobot 60-90 gram.
- Ukuran M bobot 30-60 gram.
- Ukuran S bobot 10-30 gram.
- Ukuran SS bobot kurang dari 10 gram.

Umbi yang baik dengan lama penyimpanan 4-5 bulan dengan jumlah tunas 3-5 per-umbi dengan usia panen yang cukup tua dan warna tua. Berbeda dengan yang dipanen muda memiliki warna kulit muda.

Pohon Keputusan

Sebuah pohon keputusan adalah sebuah struktur yang dapat digunakan untuk membagi kumpulan data yang besar menjadi himpunan-himpunan *record* yang lebih kecil dengan menerapkan serangkaian aturan keputusan. Dengan masing-masing rangkaian pembagian, anggota himpunan hasil menjadi mirip satu dengan yang lain. Pohon keputusan bisa dibangun secara manual atau otomatis dengan menggunakan beberapa algoritma keputusan untuk memodelkan himpunan data yang terklarifikasi. [5]

Pohon keputusan terdiri dari akar dan cabang berupa atribut parameter dan daun berupa kelas. [6]

Algoritma C4.5

Ada beberapa algoritma yang dapat dipakai dalam pembentukan pohon keputusan, Algoritma C4.5 adalah salah satunya disamping ID3 dan CART. Algoritma C4.5 merupakan hasil pengembangan dari algoritma ID3.[7][8]

Secara umum algoritma C4.5 untuk membangun pohon keputusan adalah sebagai berikut:

- Pilih atribut sebagai akar
- Buat cabang untuk tiap-tiap nilai
- Bagi kasus dalam cabang
- Ulangi proses untuk setiap cabang sampai semua kasus pada memiliki kelas yang sama.

Untuk memilih atribut sebagai akar, didasarkan pada nilai *Gain* tertinggi dari atribut-atribut yang ada. Untuk menghitung *gain* menggunakan persamaan 1 berikut:

$$\text{Gain}(S, A) = \text{Entropy}(S) - \sum_{i=1}^n \frac{|S_i|}{|S|} * \text{Entropy}(S_i) \dots 1)$$

Keterangan:

S :Himpunan Kasus

A :Atribut

n :Jumlah partisi atribut A

|S_i| :Jumlah kasus pada partisi ke-i

|S| :Jumlah kasus dalam S

Sementara untuk nilai *Entropy* didapat dari persamaan berikut:

$$\text{Entropy}(S) = \sum_{i=1}^n - p_i * \log_2 p_i \dots 2)$$

Keterangan:

S :Himpunan kasus

A :fitur

n :Jumlah partisi S

p_i :proporsi dari S_i terhadap S

Confusion Matrix

Confusion matrix [9] merupakan metode untuk mengevaluasi model klasifikasi pada data mining dengan menghasilkan nilai prediksi benar dan prediksi salah jika dibandingkan ke nilai tujuan (*target value*) dalam data. *Confusion matrix* adalah suatu metode yang biasanya digunakan untuk melakukan perhitungan akurasi pada konsep data mining. Rumus ini melakukan perhitungan dengan lima keluaran, yaitu: *recall*, *specificity*, *precision*, *negative predictive value* dan *accuracy*. [4]

Confusion Matrix		Target			
		Positive	Negative		
Model	Positive	a	b	Positive Predictive Value	a/(a+b)
	Negative	c	d	Negative Predictive Value	d/(c+d)
		Sensitivity a/(a+c)	Specificity d/(b+d)	Accuracy = (a+d)/(a+b+c+d)	

Gambar 1. Confusion Matrix

III. METODE PENELITIAN

Teknik Pengambilan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini meliputi studi literatur untuk referensi dalam penelitian baik berupa buku, jurnal dan karya ilmiah yang relevan dengan penelitian. Sedangkan untuk dataset pada penelitian ini didapat dari data hasil kuisioner terhadap 50 petani kentang varietas Granola generasi ke 4 di kecamatan Kertasari dari berbagai lokasi pada dua musim tanam yaitu dari tahun 2010-2011.

Data yang didapat berupa data ciri-ciri visual dari benih kentang sampai pada masa pertumbuhan dan masa panen. Dimana terdiri dari 5 atribut parameter yaitu ukuran benih, usia penyimpanan benih, jumlah tunas yang tumbuh dari benih, warna benih dan sumber indukan benih dan 1 atribut kelas yaitu Keadaan Tanaman.

TABEL 1. DATA KASUS

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	C
S	>2	Tua	Tua	Lokal	Tidak Baik
M	>2	Tua	Tua	Lokal	Baik
M	≤2	Tua	Tua	Lokal	Tidak Baik
M	≤2	Tua	Tua	Lokal	Tidak Baik

S	≤2	Tua	Tua	Lokal	Tidak Baik
S	≤2	Tua	Tua	Lokal	Baik
M	>2	Tua	Tua	Lokal	Baik
L1	>2	Tua	Tua	Lokal	Baik
S	≤2	Tua	Tua	Penangkar	Tidak Baik
S	>2	Tua	Muda	Penangkar	Baik
M	≤2	Muda	Tua	Penangkar	Baik
M	≤2	Muda	Muda	Lokal	Tidak Baik
L1	>2	Tua	Muda	Penangkar	Baik
M	>2	Tua	Muda	Penangkar	Baik
M	≤2	muda	Tua	Lokal	Tidak Baik
S	≤2	Muda	Tua	Lokal	Tidak Baik

Keterangan:

X₁ : Ukuran Benih

X₂ : Jumlah Tunas

X₃ : Warna Benih

X₄ : Usia Benih

X₅ : Sumber Benih

C : Kelas

B : Baik

TB : Tidak Baik

Untuk kemudian dilakukan preprocessing data sehingga didapat tabel data seperti tabel 2 di atas.. Berhubung data tersebut sudah cukup lengkap, maka hanya dilakukan langkah-langkah preprocessing Diantaranya: [10][11]

- Data Reduction, untuk menghapus atribut-atribut yang tidak diperlukan. Misalnya nomor sampel, dan pemilik. Ini dilakukan karena atribut tersebut tidak berpengaruh terhadap kualitas kentang. Karena tidak masuk kedalam ciri-ciri benih secara visual.
- Handling Missing Value, suatu *field* data dibiarkan kosong hanya karena memiliki nilai yang sama dengan data yang ada diatasnya. Biasanya diakibatkan oleh human error, yang merasa malas untuk kembali memasukan suatu nilai dengan alasan efisiensi waktu sehingga *field* tersebut kembali diisi ulang oleh peneliti sesuai dengan sebagai mana mestinya.

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, sebagai sample hitungan manual, dilakukan pada data sebanyak 16 data training. Ada beberapa tahapan untuk membentuk pohon keputusan dan aturan pendukung pengambilan keputusan.

Tahap Pertama, dilakukan pencarian nilai gain terbesar untuk menentukan node 1 seperti diperlihatkan pada tabel 4.

$$\text{Entropy}(\text{total}) = (-8/16)\log_2(8/16) + (-8/16)\log_2(8/16)$$

$$\text{Entropy}(\text{total}) = -0,150515$$

- Ukuran S

$$\text{Entropy}(\text{UkS}) = (-2/6)\log_2(2/6) + (-4/6)\log_2(4/6)$$

$$\text{Entropy}(\text{UkS}) = -0,16724$$

- Ukuran M

$$\text{Entropy}(\text{UkM}) = (-4/8)\log_2(4/8) + (-4/8)\log_2(4/8)$$

$$\text{Entropy}(\text{UkM}) = -0,150515$$

- Ukuran L1

$$\text{Entropy}(\text{UkL}) = (-2/2)\log_2(2/2) + (-0/2)\log_2(0/2)$$

$$\text{Entropy}(\text{UkL}) = -0,30103$$

Gain Ukuran

$$\text{Gain} = \text{Entropy}(\text{Total}) - ((\text{Entropy}(\text{UkS}) * (6/16)) + (\text{Entropy}(\text{UkM}) * (8/16)) + (\text{Entropy}(\text{UkL}) * (2/16)))$$

$$\text{Gain} = 0,062715$$

Pun untuk mencari nilai gain dari atribut selanjutnya dilakukan seperti pada proses pencarian nilai gain pada parameter ukuran. Sehingga didapat hasil seperti pada tabel 2.

TABEL 2. PENGAMBILAN NODE 1

No de		A	JK (s)	B (s)	TB (s)	Entropy	Gain
1	T		16	8	8	-0,15051	
	X ₁	S	6	2	4	-0,16724	0,0627
		M	8	4	4	-0,15051	
		L1	2	2	0	-0,30103	
	X ₂	>2	7	6	1	-0,22731	0,0597
		≤2	9	2	7	-0,19697	
	X ₃	Tua	12	7	5	-0,1547	0,0125
		Muda	4	1	3	-0,18814	
	X ₄	Tua	12	5	7	-0,1547	0,0125
		Muda	4	3	1	-0,18814	
	X ₅	Penangkar	5	4	1	-0,2047	0,0246
		Lokal	11	4	7	-0,16171	

Keterangan:

T : Total

X_1 : Ukuran Benih

X_2 : Jumlah Tunas

X_3 : Warna Benih

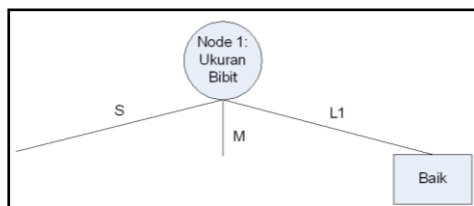
X_4 : Usia Benih

X_5 : Sumber Benih

JK : Jumlah Kasus

A : Nilai atribut Parameter

Dari hitungan diatas, didapat node ke 1 sebagai akar.
Untuk selanjutnya menentukan ranting/cabang untuk atribut berikutnya.



Gambar 2. Pohon Keputusan node 1.

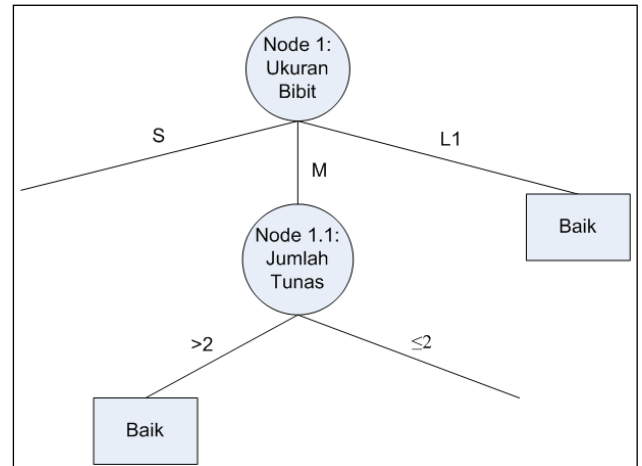
Pada tabel data diatas didapati bahwa ukuran L1 telah memenuhi syarat, yaitu baik. sehingga bisa langsung di tentukan bahwa ukuran bibit L1. Berkualitas baik.

Tahap Kedua, dilakukan pencarian node 1.1 dimana ukuran bibit sudah tereliminasi karena sudah menjadi node 1. Sehingga atribut yang dicari untuk mendapatkan node 1.1 adalah seperti pada tabel 3 berikut ini:

TABEL 3. NODE 1.1

Node		A	JK (s)	B (s)	TB (s)	Entropy	Gain
1.1	Total		8	4	4	-0,1505	
	Jmlh Tns	>2	3	3	0	-0,3010	0,0903
		≤2	5	1	4	-0,2047	
	Wrn Bbt	Tua	5	3	2	-0,1565	0,0100
		Muda	3	1	2	-0,1672	
	Usia Bbt	Tua	6	3	3	-0,1505	0
		Muda	2	1	1	-0,1505	
	Sumber bbt	Penangkar	2	2	0	-0,30103	0,0501
		Lokal	6	2	4	-0,1672	

Sehingga didapat node 1.1 sebagai berikut dimana pada saat jumlah tunas >2 sudah memiliki nilai yaitu bernilai baik.

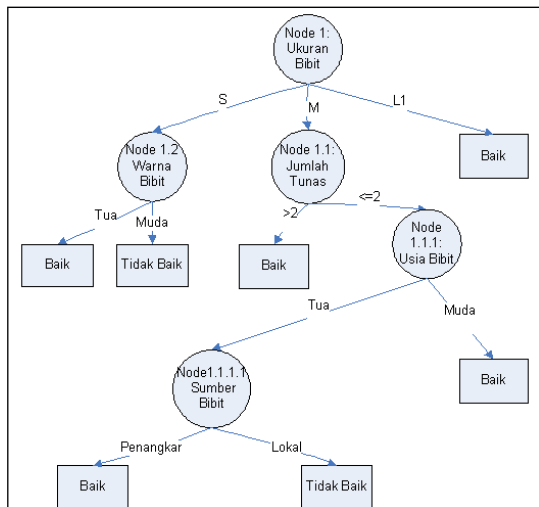


Gambar 3. Pohon Keputusan node 1.1

Tahap Ketiga dilakukan seperti langkah-langkah sebelumnya sampai pada tahap akhir sehingga didapat suatu pohon keputusan untuk dijadikan rujukan aturan pengambilan keputusan seperti pada gambar 4. Sehingga didapat aturan sebagai berikut:

1. If (ukuran bibit='S' AND Warna bibit='Muda') then kualitas bibit='Tidak Baik'
2. If (ukuran bibit='S' AND Warna bibit='Tua') then kualitas bibit='Baik'
3. If (ukuran bibit='M' AND Jumlah Tunas='>2') then kualitas bibit='Baik'
4. If (ukuran bibit='M' AND Jumlah Tunas='≤2' AND Usia Bibit='Tua' AND Sumber Bibit='Penangkar') then kualitas bibit='Baik'
5. If (ukuran bibit='M' AND Jumlah Tunas='≤2' AND Usia Bibit='Tua' AND Sumber Bibit='Lokal') then kualitas bibit='Tidak Baik'
6. If (ukuran bibit='M' AND Jumlah Tunas='≤2' AND Usia Bibit='Muda') then kualitas bibit='Tidak Baik'

If (ukuran bibit='L1') then kualitas bibit='Baik'



Gambar 4. Pohon Keputusan Akhir

Sedangkan pada 50 dataset, menggunakan metode validasi *X-Validation* dengan *k-fold 10*. Menghasilkan nilai di *confusion matrix* sebagai berikut

Tabel 5. Nilai Confusion Matrix

	true Tidak Baik	true Baik	class precision
pred. Tidak Baik	13	1	92.86%
pred. Baik	3	33	91.67%
class recall	81.25%	97.06%	

V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, Algoritma C4.5 yang diujicobakan pada data hubungan ciri-ciri benih kentang dan kondisi tanaman yang berkorelasi dengan produktifitasnya, merupakan algoritma yang tergolong baik untuk membangun suatu pohon keputusan yang menghasilkan aturan sebagai pendukung dalam pengambilan keputusan. Dengan nilai akurasi sebesar 92.00%.

REFERENSI

- [1] Baharuddin, Nurbaya, Kusniawati, T., Lologau, B. A., (2011), *Effect of Clostridium spp in the Control of Ralstonia solanacearum on Potato Using Aerophonic Cultivated System*, alamat URL lengkap dapat diakses pada <http://Frepository.unhas.ac.id/bitstream/handle/123456789/769/makalah/bahar.doc>
- [2] Setiadi, (2009), *Budi Daya Kentang*, Jakarta, Penebar Swadaya.
- [3] Jamuna, K., S., Karpagavalli, S., Vijaya, M., S., Revathi, P., (2010). Classification of Seed Cotton Yield based on the Growth stages of Cotton crop using Machine Learning Techniques," *IEEE International Journal*, pp. 312-315.
- [4] Revathi, P., Hemalatha, M., (2011). "Categorize the Quality of Cotton Seeds Based on the Different Germination of the Cotton Using Machine Knowledge Approach," *International Journal of Advanced Science and Technology*.
- [5] McLeod, R., (1995), *Management Information System*. 6th Edition, New Jersey, Prentice Hall, Inc.
- [6] Gorunescu, F., (2011). *Data mining Concept Model and Technique*. Verlag Berlin Heidelberg. Springer.
- [7] Larose, T., Daniel (2005). *Discovering Knowledge in Data an Introduction to Data Mining*. New Jersey, John Wiley & Sons, Inc..
- [8] Wu, X., Kumar, V.,(2009). *The Top Ten Algorithm in Data Mining*. Francis. Taylor & Francis Group, LLC.
- [9] Sayad, S., *Model Evaluation-Clasification*. [online] 2013. (http://www.saedsayad.com/model_evaluation_c.htm).
- [10] Bramer, M., (2010). *Principles of Data Mining*. UK. Springer.
- [11] Han, J., and Kamber, M., (2007). *Data Mining Concepts and Techniques, 2nd Edition ed.*, San Francisco: Elsevier.



Institut Teknologi Nasional Bandung

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Jl. PHH Mustopha No. 23, Bandung 40124

Telp. (022) 7272215 / Fax. (022) 7202892

e-mail : snetoitenas2015@itenas.ac.id

sneto2015itenas@gmail.com

www.sneto2015.com

ISBN 978-602-73246-0-2

